

Высоцкая М. А., канд. техн. наук, доц.,
Фёдоров М. Ю., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РАЗРАБОТКА НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

roruri@rambler.ru

В работе обоснована возможность использования цеолитсодержащего туфа в качестве эффективной минеральной основы для получения наномодифицированного наполнителя для органически-минеральных композитов. На основе полимера типа СБС и углеродных одностенных нанотрубок предложены состав полимерной наноармированной матрицы, которая используется в качестве модификатора в процессе объединения с минеральной подложкой из цеолитсодержащей породы.

Ключевые слова: цеолитсодержащий туф, наномодифицированный наполнитель, асфальтобетон.

Основным материалом, применяемым при строительстве новых и реконструкции существующих покрытий автомобильных дорог, в настоящее время является асфальтобетон. Накоплен большой производственный опыт его изготовления, укладки и последующей эксплуатации и ремонта. Вместе с тем, основной недостаток асфальтобетона напрямую связан с зависимостью реологических и физико-механических свойств битума от температуры окружающей среды. Проблему обостряет общее снижение качества производимых в России нефтяных дорожных битумов, отсутствие во многих регионах кондиционного минерального сырья, а также широкий спектр климатических условий. Поэтому при эксплуатации покрытий из асфальтобетонных смесей в условиях знакопеременных температур и агрессивного воздействия воды всё чаще можно наблюдать образование сезонных пластических и коррозионных дефектов, а также температурных трещин и шелушений, способствующих преждевременному выкрашиванию материала покрытия и его разрушению.

В настоящее время отрасль нанотехнологий предоставляет широкий спектр модификаторов и способов модификации для повышения качества композиционных материалов в заданном направлении [1]. Также альтернативным способом, сочетающим в себе как увеличение рабочего температурного интервала вяжущего, так и тепло-, трещиностойкости асфальтобетона, может выступать использование в технологии приготовления асфальтобетонных смесей пористых дисперсных материалов, выполняющих роль активного структурирующего наполнителя [2-3]. Поэтому представляло интерес совмещение этих технологических приёмов для разработки наномодифицированного агента, позволяющего управлять показателями свойств асфальтобетона.

В качестве объектов исследования были

выбраны следующие пористые наполнители: керамзит, перлит, цеолит, отличающиеся от традиционного сырья повышенной пористостью. Так, у минерального порошка из известняка этот показатель составляет 28 %, перлита и керамзита – 39 % и цеолита – 55 %.

На основании комплекса исследований, выполненных ранее [4], было установлено, что из рассматриваемых пористых порошков для получения композиций на органическом вяжущем наиболее эффективным является цеолитсодержащий туф.

Для сравнительного анализа и оценки работоспособности рассматриваемых наполнителей в составе асфальтобетона, были подобраны и приготовлены образцы асфальтобетона типа Б. Показатели свойств дорожного композита, приготовленного с использованием различных пористых порошков, представлены на рис. 1.

Известно, что микроструктура и свойства композита непосредственно связаны между собой. Поэтому закономерности, полученные при исследовании асфальтовяжущих, должны отразиться и на асфальтобетоне, что нашло подтверждение при постановке эксперимента.

Использование керамзитового наполнителя в составе асфальтобетонных смесей, как и было установлено ранее, при оценке асфальтовяжущего [4], не оказывает положительного влияния на качество асфальтобетона.

Прочностные характеристики образцов асфальтобетона на пористых наполнителях из перлита и цеолита (рис. 1), как и предполагалось, не уступают показателям на известняке, а при температурах испытания 0 и 50 °С превосходят на 10-20 и 12-30 % соответственно.

На данном этапе исследований можно заключить, что перлит может использоваться как альтернативный минеральный порошок в технологии приготовления асфальтобетонных смесей, что также было подтверждено работой, выполненной ранее [5]. Однако у данного сырья суще-

ствует ряд особенностей, которые технологически затрудняют его применение.

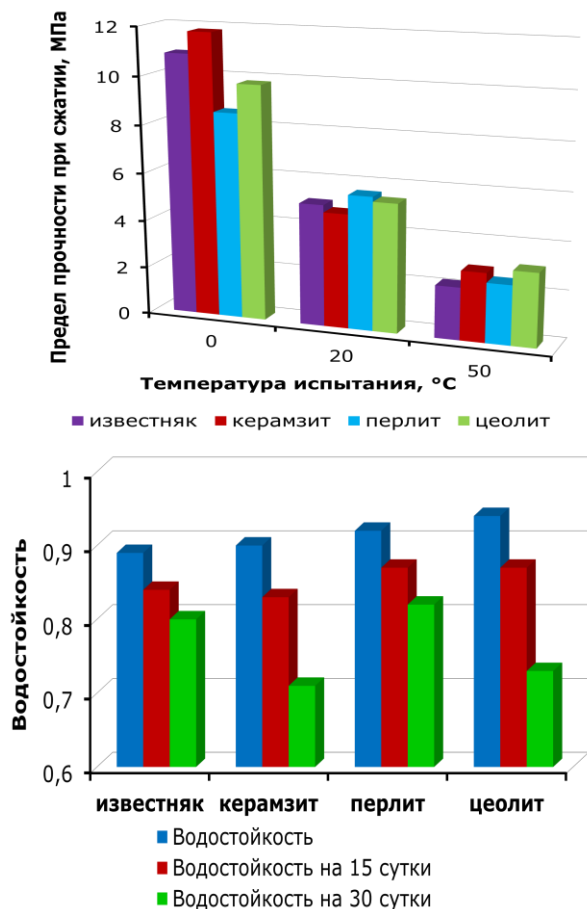


Рис. 1. Показатели свойств асфальтобетона типа Б

Наполнители на основе цеолита могут эффективно работать в составе асфальтобетонов, однако в условиях длительного увлажнения наблюдается стремительное снижение его характеристик. Так на 30 суток эксперимента водостойкость композита понизилась на 22 %, при этом величина водонасыщения и набухания составили 12,8 и 4,5 % соответственно.

На основании литературных данных известно, что одной из наиболее перспективных методик повышения качества композиционных материалов является их модификация на нано-

размерном уровне, а наиболее актуальным методом повышения коррозионной стойкости является использование модифицированных битумов или минеральных порошков.

Анализ передовых мировых разработок [6-7], а также комплекс исследований выполненных ранее [4-5] легли в основу теоретических предпосылок по модификации цеолита. В пользу его использования как основы для синтеза наномодифицированного агента для асфальтобетонных смесей говорит наличие трёхмерного алюмосиликатного каркаса, образующего системы полостей и каналов. Лишенный воды цеолит представляет собой микропористую кристаллическую «губку», объём пор в которой составляет до 50 % объёма каркаса цеолита и имеет диаметр входных отверстий от 0,3 до 1 нм.

Таким образом, было предположено, что в результате интенсивного совместного измельчения цеолитсодержащей породы и полимерного компонента, разрыхлённая высоко аморфизированная пористая структура поверхностного слоя частиц порошка будет выступать эффективным адгезивом для распределения и закрепления на поверхности и в объёме полимерного наномодифицированного компонента.

Предложенная технология, за счёт последовательного многостадийного распределения нанообъектов и их носителей на поверхности и в структуре цеолита, позволяет синтезировать гибридный цеолитовый наполнитель. Было установлено, что в процессе модификации изменяются архитектура пор, а также морфология поверхности частиц цеолитсодержащего туфа (рис. 2).

Очевидно, это происходит за счёт коагуляции порового пространства полимерным компонентом, в результате наполнитель гидрофобизируется, что подтверждается результатами, полученными методом адсорбции азота (рис. 3). Как видно, изменяется не только диаметр пор, но и их распределения в объёме.

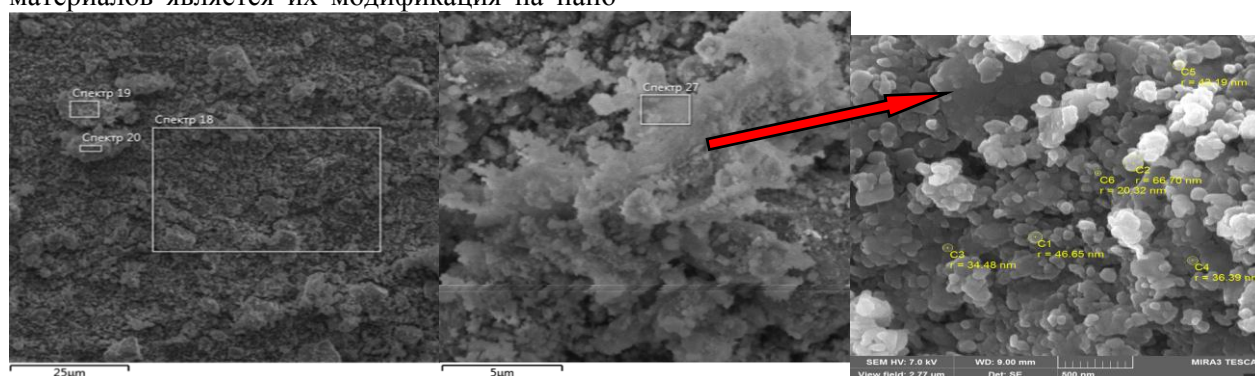


Рис. 2. Морфология поверхности модифицированного цеолита

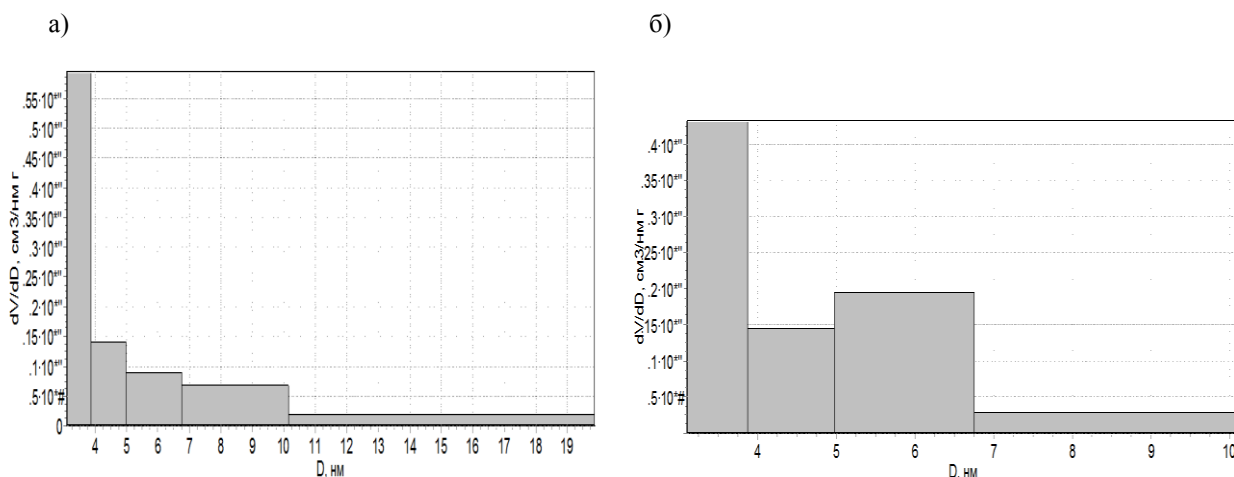


Рис. 3. Распределение пор исходного (а) и модифицированного (б) цеолита

В процессе модификации адсорбция углеводородов битума на поверхности гибридного порошка протекает интенсивнее, чем на традиционном известняке, о чем свидетельствует минимальное содержание ароматических и нефтяных соединений, метильных, метиленовых и карбонильных групп в битуме после взаимодействия, а также согласуется с результатами адсорбции-десорбции битума из бензольных растворов.

Для оценки эффективности влияния наномодифицированного наполнителя на конечные свойства композита, была подобрана асфальтобетонная смесь типа Б. В соответствии с предложенной технологией приготовления смеси, дисперсная составляющая вводилась в 2 этапа.

Первоначально подавался гибридный модифицированный наполнитель на поверхность разогретого до технологической температуры минерального материала. Производилось «сухое» перемешивание. Затем, с небольшой задержкой поступал известняк. Дальнейший процесс приготовления асфальтобетонной смеси протекал по традиционной схеме.

Выбор соотношения наномодифицированный агент/минеральный порошок (табл. 1) осуществлялся на основании вычисления обобщённого критерия качества по методике [8], по совокупности физико-механических показателей образцов асфальтобетона, а также исходя из технологической и экономической целесообразности.

Таблица 1

Исходные данные для расчёта обобщённого критерия качества

Наименование показателя	Требования ГОСТ	Соотношение наномодифицированного агента и традиционного минерального наполнителя, %						
		100	80/20	70/30	60/40	50/50	40/60	30/70
		Условные номера составов						
		1	2	3	4	5	6	7
Предел прочности при сжатии, МПа, при 0 °С	не более 12	6,8	6,8	6,9	7,0	7,0	7,5	8,1
20 °С	не менее 2,2	6,1	5,7	5,7	5,0	4,9	4,9	4,8
50 °С	не менее 1,0	4,2	4,0	3,5	3,5	3,35	2,7	2,4
Водонасыщение, %	1,5-4,0	0,90	0,94	1,03	1,20	1,30	1,34	2,05
Набухание, %	не более 1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,09
Длительная водостойкость	не менее 0,75	1,15	1,10	1,10	1,03	1,01	0,91	0,87

Очевидно, что наноструктурированный агент оказывает значительное влияние на проч-

ностные характеристики асфальтобетона в широком диапазоне температур. Так, например, асфальтобетон, полученный по предлагаемой методике, характеризуется улучшением прочностных показателей при 0 и 50 °С на 32 и 40 % соответственно относительно контрольной серии на известняке. Однако, наиболее ярко выраженный эффект проявляется при исследовании водостойкости композита. Водостойкость композита при использовании в технологии приготовления асфальтобетонной смеси наномодифицированного наполнителя на основе цеолитсодержащего туфа возрастает относительно своих первоначальных показателей.

При этом стоит отметить снижение показателей водонасыщения и набухания. Очевидно, повышение водостойкости исследуемого материала связано с формированием его оптималь-

ной структуры при взаимодействии вяжущего со структурирующим компонентом асфальтобетонной смеси – минеральным порошком. При этом, образуется сложно структурированный сольватный слой, характеризующийся плотным и упорядоченным расположением структурных элементов.

В соответствии с рис. 4 уменьшение содержания наномодифицированного наполнителя в составе асфальтобетона способствует снижению обобщённого критерия качества. При соотношении дисперсных наполнителей в составе композита один к одному наблюдается резкий перегиб, сопровождающийся потерей эффективных свойств асфальтобетона, и в первую очередь водостойкости. На основании этого данное соотношение было принято за рациональное.



Рис. 4. Обобщённый критерий качества

По полученным данным, можно заключить, что разработанный наномодифицированный наполнитель на основе цеолитсодержащего туфа и асфальтобетон на его основе обладают высокими показателями свойств по сравнению с составами на традиционном минеральном порошке.

Выводы: Установлен синергизм совместного действия минеральной подложки из цеолитсодержащего туфа и полимерного наномодифицированного компонента, связанный с особенностями архитектуры пор наполнителя, заключающейся в нормированном размере входных окон пор, а также их упорядоченном расположении.

Разработаны принципы повышения эффективности асфальтобетона путём целенаправленного регулирования процессов структурообразования на границе раздела фаз за счёт внедрения в технологию приготовления композита наномодифицированного агента пролонгированного действия, полученного при совместном помолу цеолитсодержащего туфа и наномодифицированного полимерного компонента. В результате на поверхности зёрен щебня асфальто-

бетона образуется сложно-структурированная матричная система, оказывающая микроармирующее действие.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бикбау М.Я. Нано-, микро- и макрокапсуляция – новые направления получения композиционных материалов и изделий с заданными свойствами // В сб.: «Цемент. Бетон. Сухие строительные смеси». Международный аналитический обзор «Alitinform». – СПб: Изд-во «Alitinform», 2009. № 6(12). С. 62–69.
2. Борисенко Ю.Г., Солдатов А.А., Яшин С.О. Битумно-минеральные композиции, модифицированные высокодисперсными отсевами дробления керамзита // Строительные материалы. 2009. № 1. С. 62–63.
3. Удивительный шунгит / М.А. Высоцкая, С.Ю. Русина, и др. // Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры МГСУ: научные труды Международной молодёжной конференции «Оценка рисков и безопасность в строительстве. Новое качество и надёжность строительных материалов и конструкций на ос-

нове высоких технологий» (26-28 сентября 2012). М.: Изд-во МГСУ, 2012. Вып. 4. С. 18-20.

4. Высоцкая М.А., Кузнецов Д.А., Фёдоров М.Ю. Дорожные композиты на основе дисперсных пористых наполнителей // сб. материалов научно-технической конференции «Современные тенденции и направления строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений», посвящённой 50-летию республиканского дочернего унитарного предприятия «БелдорНИИ» (25-26 октября 2012). Минск, 2012. С. 62-65.

5. Коротаяев А.П. Повышение качества асфальтобетона за счет использования пористого минерального порошка : Дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2009. 161 с.

6. Georgiev D., Bogdanov B., Angelova K., Markovska I., Hristov Y. Synthetic zeolites – structure, classification, current trends in zeolite synthesis. Review // "Economics and Society development on the Base of Knowledge": International Science conference, 4–5 June 2009, Stara Zagora, Bulgaria. – Vol. VII: Technical studies.

7. Valcke E., Engels B., Cremers A. “The use of zeolites as amendments in radiocaesium- and radiostrontium-contaminated soils: A soil-chemical approach. Part II: Sr-Ca exchange in clinoptilolite, mordenite and zeolite A”. Zeolites. Vol. 18. 1997. pp. 212–217.

8. Королев, Е.В., Чевычалов А.А. Методика оценки экономической целесообразности внедрения нанотехнологии // Нанотехнологии в строительстве. 2012. №2. С. 25-31.