

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРМИКУЛИТА В БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ И МАСТИКАХ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Э.Р. Ахтямов¹, Е.В. Кошкаргов², А.Ю. Дедюхин², В.Н. Агейкин³

¹ ООО «УралНИИСтром», г. Челябинск, Россия

² НИИ «ЛАДОР», г. Екатеринбург, Россия

³ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

В работе показана возможность применения вермикулита в битумных композициях и мастиках, предназначенных для дорожного строительства. Дана характеристика минерала вермикулита, а также продукта его переработки – вспученного вермикулита (ВВ). Проведены исследования по получению и испытаниям битумно-вермикулитовых композиций с использованием битумов нефтяных дорожных марок БНД 90/130 и БНД 60/90 и вспученного вермикулитового песка фракции 0,6–1,0 мм. Определены оптимальные соотношения «битум – ВВ» в композициях. Разработаны и испытаны в дорожных условиях битумно-вермикулитовые мастики (БВМ), показана их эффективность при ремонте асфальтобетонных покрытий в реальных условиях эксплуатации. Определена область применения БВМ: ремонт трещин и выбоин в асфальтобетонном покрытии, заделка температурных швов, гидроизоляция инженерных коммуникаций и мостовых сооружений.

Ключевые слова: вспученный вермикулит, битумно-вермикулитовая композиция, мастика, пенетрация, температура размягчения, растяжимость, степень деформации, дорожное строительство, технические требования.

Введение

Вермикулит – уникальный природный минерал с исключительно высоким инновационным потенциалом. В Челябинской области добыча и переработка вермикулита ведется на базе Потанинского месторождения [1].

Вермикулит – это минерал сослоистой структурой. Он входит в группу гидрослюд, продукт вторичного изменения слюды биотита, флогопита, образуется в результате их выветривания и гидролиза. Химическая формула вермикулита: $(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si Al})_4\text{O}_{10}] [\text{OH}]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Встречается в золотисто-желтых, бурых расцветках. В технике находит применение термически обработанный, прокаленный при 1000–1300 °С, так называемый вспученный вермикулит. На рис. 1 представлено изображение кристалла вермикулита (а),

его слоистого строения (б) и вспученного вермикулитового песка (в).

Исследовательская часть

По своей структуре вспученный вермикулит (далее – ВВ) представляет собой анизотропный слоистый материал с защемленным в порах воздухом [2,3]. Изучение ВВ физико-химическими методами анализа (рентгено-, спектро- и термографическими) показывает, что частицы ВВ состоят из тончайших пластин, разделенных прослойками воздуха. При термообработке до 1000 °С объем ВВ увеличивается более чем в 25 раз.

К техническим достоинствам ВВ следует отнести инертность, низкую плотность (80–200 кг/м³), термостойкость, небольшую теплопроводность ($\lambda = 0,48\text{--}0,06 \text{ Вт/м} \times \text{°С}$), высокую сте-

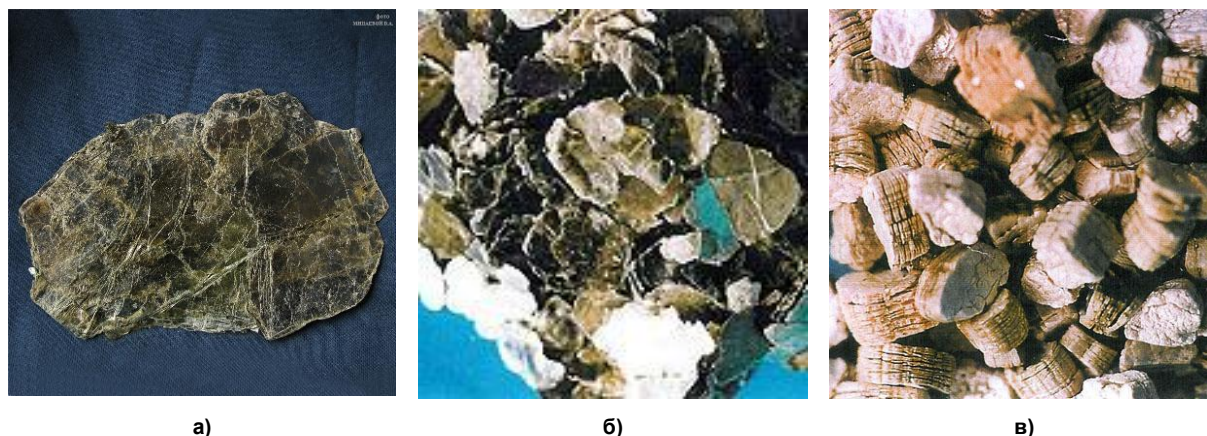


Рис. 1. Вермикулит природный (а, б) и термообработанный (в)

пень звукопоглощения, низкую гигроскопичность, адсорбционную способность, биологическую стойкость. ВВ – экологически чистый продукт, абсолютно безвредный для человека. Всё это предопределило применение ВВ в промышленном и гражданском строительстве, а также промышленности огнеупорных и теплоизолирующих материалов как функционального и экономичного заполнителя [2–4].

ВВ обладает упругостью, которая выражается в частичном восстановлении высоты предварительно сжатой пробы после снятия нагрузки [2, 5]. Общая деформация ВВ при осевом сжатии за счет защемленного между пластинами воздуха складывается из упругой и остаточной. ВВ также характеризуется анизотропными физико-механическими свойствами: в направлении, перпендикулярном плоскости спайности, зерна вермикулита имеют меньшую прочность, чем в направлении, параллельном плоскости спайности. Первая характеристика прочности обуславливает деформативные свойства, вторая – хрупкость вспученного вермикулита.

По гранулометрическому составу ВВ делится на 3 фракции:

- крупную (5–10 мм);
- среднюю (0,6–5 мм);
- мелкую (менее 0,6 мм).

В зависимости от насыпной плотности ВВ выпускается следующих марок (по ГОСТ 12865): 100; 150; 200. В исследованиях использовали ВВ марки 200.

Целью работы было определение влияния добавок ВВ на качественные показатели битумно-вермикулитовых композиций и мастик, предназначенных для строительства и ремонта автомобильных дорог и мостов в сложных (криогенных) природно-климатических условиях.

Общая идея (гипотеза) заключалась в предположении, что добавка ВВ улучшит теплотехнические и структурно-механические свойства битумно-вермикулитовых композиций и мастик для устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог за счет более низкой теплопроводности и структурирования битумного вяжущего. При этом должны улучшиться показатели трещиностойкости асфальтобетона при низких температурах с одновременным улучшением показателей теплостойкости при высоких температурах эксплуатации асфальтобетонных покрытий.

В качестве исходных битумных материалов использовали битумы нефтяные дорожные марок БНД 90/130 и БНД 60/90 производства «Газпромнефть – Битумные материалы».

Приготовление битумно-вермикулитовой композиции осуществляли путем введения при перемешивании ВВ (фракции 0,6–1 мм) в исходный битум, нагретый до 80 °С. Определяли вязко-пластические характеристики: температуру

размягчения по методу «Кольцо и шар», растяжимость (дуктильность), пенетрацию полученных образцов битумно-вермикулитовой мастики (БВМ). Оценку трещиностойкости проводили по степени деструкции БВМ, характеризующейся отношением предела прочности при сжатии ($R_{сж}$) к пределу прочности при изгибе ($R_{из}$). Чем ниже степень деструкции, тем выше трещиностойкость материала.

На рис. 2 приведены графики изменения показателей свойств БВМ в зависимости от содержания ВВ в битумном вяжущем.

Как видно из приведенных данных, с увеличением содержания ВВ в битумном вяжущем повышается температура размягчения композиции, уменьшается пенетрация и растяжимость (дуктильность) при нормальных условиях (25 °С). Как видим, закономерно снижается и степень деструкции материала, характеризующая повышение его трещиностойкости.

Исходя из заданных показателей качества битумно-вермикулитовых композиций, были выбраны соотношения рационального содержания ВВ в БНД: 3–6 % масс. С рациональными составами были наработаны опытные партии, которые были применены для заделывания швов и температурных трещин при ремонте асфальтобетонных покрытий на опытных участках автомобильных дорог в Тюменской области [5, 6], а именно: на автомобильной дороге Тюмень – Ханты-Мансийск и на Обьездной улице в г. Салехарде. Наблюдения за состоянием покрытия в течение 2 лет показали хорошие эксплуатационные свойства мастик и покрытий. Композиции выдержали сезонный перепад температур от минус 35 °С до плюс 35 °С, остались однородными, цельными по заполняемости швов, трещиностойкими, не выкрашивались под действием интенсивных транспортных нагрузок. Отремонтированное асфальтобетонное покрытие сохранялось ровным.

В табл. 1 представлено сопоставление качества БВМ, содержащей 4 % масс. ВВ, с исходными битумами и требованиями, установленными к битумным вяжущим материалам для дорожного строительства.

Битумно-вермикулитовая композиция с 4 % масс. вспученного вермикулита обладает улучшенными характеристиками по теплостойкости (увеличение температуры размягчения на 18–26 % отн.) и морозостойкости (снижение температуры хрупкости на 33–38 % отн.). Снижение показателей растяжимости при вытягивании мастики в нить по сравнению с однородным битумным вяжущим можно объяснить включением в состав композиции относительно крупных инородных зерен минерального компонента. Поэтому дуктильность, измеряемая у исходного битума, не должна применяться в оценке качества битумно-вермикулитовой мастики.

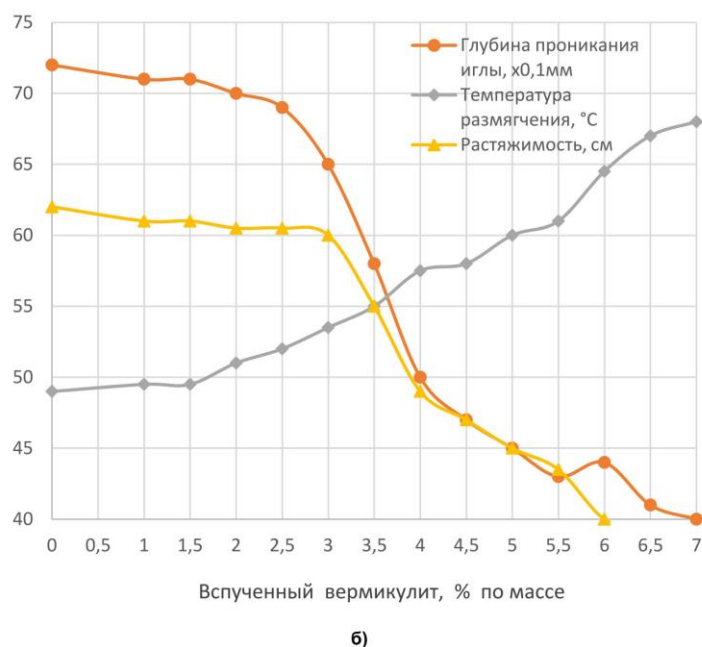
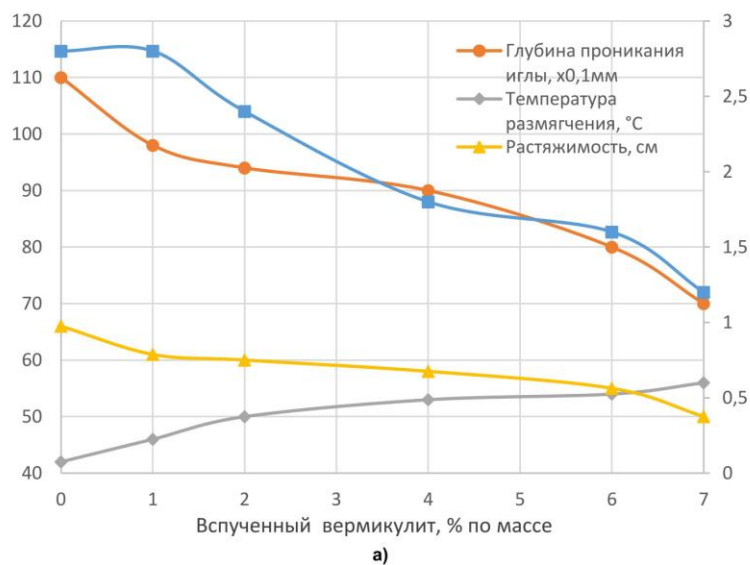


Рис. 2. Изменение свойств битумно-вермикулитовой композиции в зависимости от содержания вспученного вермикулита (ВВ): а) на основе БНД 90/130; б) на основе БНД 60/90

Сопоставительная характеристика битумных вяжущих и их композиций с ВВ

Таблица 1

Наименование показателей свойств	Значения показателей свойств битумов и их композиций с ВВ					
	Исходный битум		Битумно-вермикулитовая композиция (4 %)		Требования ГОСТ 22245	
	БНД 90/130	БНД 60/90	На БНД 90/130	На БНД 60/90	БНД 90/130	БНД 60/90
Глубина проникания иглы, 0,1 мм при 25 °C	110	72	90	50	91–130	61–90
Температура размягчения, °C	42	49	53	58	Не менее 43	≥ 47
Температура хрупкости, °C	-16	-15	-22	-20	≤ 17	≤ -15
Интервал пластичности	57	64	75	78	–	–
Растяжимость при 25 °C, см	72	62	58	49	Не менее 60	≥ 50

Технические требования к битумно-вермикулитовым мастикам

Наименование показателя	Значение для марки	
	БВМ 50/70	БВМ 80/100
Внешний вид, цвет, визуально	Вязкая термопластичная масса темно-коричневого или черного цвета	
Однородность, визуально	Внешне однородная	
Пенетрация при 25 °С, P ₂₅ , 0,1 мм	от 50 до 70	от 80 до 100
Температура размягчения, °С, по «КиШ»	не менее 55	не менее 50
Температура хрупкости, °С	не более минус 20	не более минус 22
Температура вспышки в открытом тигле, °С	не менее 220	не менее 220

На основании проведенных исследований и данных литературных источников [7–10] сформулированы требования к БВМ, полученным на стандартных битумах марок БНД (табл. 2): БВМ 50/70 производится на основе БНД 60/90 и БНД 70/100; БВМ 80/100 – на основе БНД 90/130 и БНД 100/130. Рекомендуемое содержание ВВ: 4–6 % для БВМ 80/100; 3–4,5 % для БВМ 50/70.

Выводы

По результатам проведенных исследований определена область применения битумно-вермикулитовых композиций:

1) в качестве мастик (БВМ) для ремонта температурных швов и трещин асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и проезжей части мостов и путепроводов (3–6 % масс. ВВ в органическом вяжущем);

2) в качестве комплексного вяжущего для производства асфальтобетонных и щебеночно-мастичных смесей и устройства асфальтобетонных и щебеночно-мастичных дорожных покрытий автомобильных дорог, мостов и путепроводов (3 ± 0,5 % масс. ВВ).

Также битумно-вермикулитовые мастики в соответствии со своими теплофизическими и адгезионными свойствами могут применяться в качестве кровельных и изолирующих битумно-минеральных материалов.

Литература

1. Концентрат вермикулитовый // УралВермикулит. – URL: <https://uniis.ru/uv/> (дата обращения 30.10.2020).

Ахтямов Эльдар Рашидович, технический директор, руководитель Испытательного центра, ООО «УралНИИСтром» (Челябинск), info@uniis.ru

Кошкарлов Евгений Васильевич, кандидат технических и доктор экономических наук, член Международной академии авторов научных открытий и изобретений, ведущий научный сотрудник, НИИ «ЛАДОР» (Екатеринбург), nauka.z@mail.ru

Дедюхин Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, директор НИИ «ЛАДОР» (Екатеринбург), niilador@mail.ru

Агейкин Василий Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Тюменский индустриальный университет (Тюмень), ksm@tgasu.ru

2. Ахтямов, Я.А. Исследование и разработка новой технологии производства вспученного вермикулита: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Ахтямов Якуб Ахметович. – Челябинск, 1970. – 221 с.

3. Ахтямов, Я.А. Обжиг вермикулита / Я.А. Ахтямов. – М.: Стройиздат, 1972. – 128 с.

4. Ахтямов, Р.Я. Применение вспученного вермикулита в технологии производства специальных видов сухих строительных смесей / Р.Я. Ахтямов // Строительные материалы. – 2001. – № 4. – С. 4–5.

5. Агейкин, В.Н. Эксплуатационная надежность асфальтобетонных покрытий в сложных природно-климатических условиях / В.Н. Агейкин, Л.Е. Свинтицких, Е.В. Кошкарлов. – СПб.: Стройиздат СПб, 2003. – 160 с.

6. Шабанова, Т.Н. Асфальтобетон с демпфирующей вермикулитовой добавкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Шабанова Татьяна Николаевна. – Тюмень, 2006. – 128 с.

7. Руденская, И.М. Органические вяжущие для дорожного строительства / И.М. Руденская, А.В. Руденский. – М.: Инфра-М, 2010. – 256 с.

8. Печеный, Б.В. Битумы и битумные композиции / Б.В. Печеный. – М.: Химия, 1990. – 256 с.

9. Пат. 2069224 Российская Федерация, МПК6 С 09D 195/00/(С 09D 195/00, 117:00, 127:06, 145:02). Гидроизоляционная мастика / Потапов В.А., Кошкарлов Е.В., Кондратов В.К., Кошкарлов В.Я. и др. – № 93030643/04; заявл. 15.06.1993; опубл. 20.11.1996. – 7 с.

10. Бурмистров, Г.Н. Кровельные материалы / Г.Н. Бурмистров. – М.: Стройиздат, 1990. – 176 с.

Поступила в редакцию 18 ноября 2020 г.

APPLICATION OF VERMICULITE IN BITUMINUM COMPOSITIONS AND MASTICS FOR ROAD CONSTRUCTION

E.R. Akhtyamov¹, info@uniis.ru

E.V. Koshkarov², nauka.z@mail.ru

A.Yu. Dedyukhin², niilador@mail.ru

V.N. Ageikin³, ksm@tgasu.ru

¹ООО "UralNIIStrom", Chelyabinsk, Russian Federation

²"LADOR" Research Institute, Ekaterinburg, Russian Federation

³Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

The article shows the possibility of applying vermiculite in bitumen compositions and mastics for road construction. The characteristics of the vermiculite mineral has been given, as well as of the product of its processing – expanded vermiculite (EV). The research on extracting and testing of bitumen-vermiculite compositions using petroleum road bitumen BND 90/130 and BND 60/90 and expanded vermiculite sand with a fraction of 0.6–1.0 mm have been conducted. The optimal “bitumen – expanded vermiculite” ratios in the compositions have been determined. Bituminous-vermiculite mastics (BVM) have been developed and tested in road conditions, their effectiveness in the repair of asphalt concrete pavements under real operating conditions has been shown. The fields of application of bituminous-vermiculite mastics include: repairing cracks and potholes in asphalt concrete pavement, sealing expansion joints, and waterproofing engineering communications and bridge structures.

Keywords: expanded vermiculite, bitumen-vermiculite composition, mastic, penetration, softening temperature, extensibility, degree of destruction, road construction, technical requirements.

References

1. *Kontsentrat vermikulitovyy* [Vermiculite Concentrate]. *UralVermikulit*. Available at: <https://uniis.ru/uv/> (accessed 30.10.2020).
2. Akhtyamov Ya.A. *Issledovaniye i razrabotka novoy tekhnologii proizvodstva vspuchennogo vermikulita*. *Dis. kand. tekhn. nauk* [Research and Development of a New Technology for the Production of Expanded Vermiculite. Cand. sci. diss.]. Chelyabinsk, 1970. 221 p.
3. Akhtyamov Ya.A. *Obzhig vermikulita* [Firing Vermiculite]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1972. 128 p.
4. Akhtyamov R.Ya. [The Using of Expanded Vermiculite in the Technology of Production of Special Types of Dry Building Mixtures]. *Stroitel'nyye materialy* [Construction Materials], 2001, no. 4, pp. 4–5. (in Russ.)
5. Ageykin V.N., Svintitskikh L.E., Koshkarov E.V. *Ekspluatatsionnaya nadezhnost' asfal'tobetonnnykh pokrytiy v slozhnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh* [Operational Reliability of Asphalt Concrete Pavements in Difficult Natural and Climatic Conditions]. St. Peterburg, Stroyizdat SPb Publ., 2003. 160 p.
6. Shabanova T.N. *Asfal'tobeton s dempfiruyushchey vermikulitovoy dobavkoy*. *Dis. kand. tekhn. nauk* [Asphalt Concrete with Damping Vermiculite Additive. Cand. sci. diss.]. Tyumen', 2006. 128 p.
7. Rudenskaya I.M., Rudenskiy A.V. *Organicheskiye vyazhushchiye dlya dorozhnogo stroitel'stva* [Organic Binders for Road Construction]. Moscow, Infra-M Publ., 2010. 256 p.
8. Pecheny B.V. *Bitumy i bitumnyye kompozitsii* [Bitumen and Bituminous Compositions]. Moscow, Khimiya Publ., 1990. 256 p.
9. Potapov V.A., Koshkarov E.V., Kondratov V.K., Koshkarov V.Ya. *Gidroizolyatsionnaya mastika* [Waterproofing Mastic]. Patent RF, no. 2069224, 1996. 7 p.
10. Burmistrov G.N. *Krovel'nyye materialy* [Roofing materials]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990. 176 p.

Received 18 November 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Применение вермикулита в битумных композициях и мастиках для дорожного строительства / Э.Р. Ахтямов, Е.В. Кошкароев, А.Ю. Дедюхин, В.Н. Агейкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 43–47. DOI: 10.14529/build210105

FOR CITATION

Akhtyamov E.R., Koshkarov E.V., Dedyukhin A.Yu., Ageikin V.N. Application of Vermiculite in Bituminous Compositions and Mastics for Road Construction. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2021, vol. 21, no. 1, pp. 43–47. (in Russ.). DOI: 10.14529/build210105