

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ / CHEMICAL TECHNOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 691.168

DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-122-127

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ДОЛОМИТОВОГО ПОРОШКА НА ЗОЛУ СЛАНЦА В АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

© С.Б. Ромаденкина, А.В. Кружалов, Е.В. Лобанков, А.Ю. Земляков

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, корп. 1.

Проведена сравнительная характеристика физико-химических показателей доломитового порошка и золы сланца. Экспериментально определен один из основных показателей минеральных порошков – показатель битумоемкости. Приготовленные асфальтобетонные смеси, содержащие в своем составе доломитовый порошок и золу сланца, испытывали на наличие основных эксплуатационных характеристик (предел прочности при сжатии в разных условиях, водонасыщение). По результатам экспериментов установлена возможность замены дорогого доломитового порошка на более дешевый зольный порошок.

Ключевые слова: асфальтобетон, показатель битумоемкости, доломитовый порошок, зола сланца Коцебинского месторождения.

Формат цитирования: Ромаденкина С.Б., Кружалов А.В., Лобанков Е.В., Земляков А.Ю. Исследование возможности замены доломитового порошка на золу сланца в асфальтобетоне // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2017. Т. 7, N 2. С. 122–127. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-122-127

POSSIBILITY OF DOLOMITIC POWDER REPLACING BY THE SHALE ASH IN ASPHALT CONCRETE

© S.B. Romadenkina, A.V. Kruzhalov, E.V. Lobankov, A.Yu. Zemlyakov

N.G. Chernyshevsky Saratov National Research State University, 83/1, Astrakhanskaya St., Saratov, 410012, Russian Federation.

The comparative assessment of physical and chemical parameters of dolomite powder and ashes of shale was carried out. One of the main indicators of mineral powders is an indicator of bitumen content was determined experimentally. Prepared asphalt concrete mixes containing dolomite powder and ashes of shale were tested for the main operational characteristics (ultimate compression strength in different conditions; water saturation). The results of the experiments suggested the possibility of replacing expensive dolomite powder by the cheaper ash powder.

Keywords: asphalt concrete mix, bitumen content, dolomite powder, ash of shale, Kotsebinskoe deposit

For citation: Romadenkina S.B., Kruzhalov A.V., Lobankov E.V., Zemlyakov A.Yu. Possibility of dolomitic powder replacing by the shale ash in asphalt concrete *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologia* [Proceeding of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no. 2, pp. 122–127 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-1-122-127

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время промышленность строительных материалов широко развита по всему миру. Современные запросы строительного рынка достаточно велики, в соответствии с ними большое внимание уделяется производству асфальтобетона [1]. Асфальтобетон представляет собой искусственный строитель-

ный материал, полученный в результате уплотнения рационально подобранной и специально приготовленной смеси минерального материала (щебня, песка, минерального порошка) и битума. Разработка новых составов асфальтобетона является актуальной задачей [2, 3].

При термической переработке горючего

сланца образуется несколько товарных продуктов, одним из таких продуктов является зола в количестве 50–65 мас. %. В связи с этим перед сланцеперерабатывающей промышленностью встает проблема утилизации золы сланца и поиск новых способов ее использования в промышленности. Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов сланцеперерабатывающих предприятий является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного назначения. На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических свойств и в то же время характеризуются наименьшей ресурсоемкостью как в процессе производства, так и при применении.

Масштабы применения промышленных отходов от переработки сланцев в производстве строительных материалов в России, так же как и в других развитых странах мира, неуклонно увеличиваются. Одним из основных потребителей золы сланца может являться дорожное строительство.

На сегодняшний день в состав асфальтобетонных смесей входят минеральные порошки марок МП-1 из карбонатных и битуминозных пород (активированные и неактивированные) и МП-2 из некарбонатных пород или твердых и порошковых отходов промышленного производства [4, 8]. Чаще всего при приготовлении асфальтобетонных смесей используют доло-

митовый порошок. Сравнительная характеристика данных минеральных порошков представлена в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что порошки данных марок различаются по показателям пористости и набуханию.

Цель работы – определение возможности применения золы сланца Коцебинского месторождения Саратовской области в качестве минерального порошка для приготовления асфальтобетонных смесей.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом исследования служила смесь, состоящая из битума нефтяного дорожного марки БНД 60/90, щебня, песка и минерального порошка.

Для исследования возможности полной или частичной замены минерального доломитового порошка проводился анализ химического состава и физико-химических характеристик: плотность и удельная поверхность [6, 7]. Данные представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что доломитовый порошок содержит в своем составе оксиды кальция и магния, а зола сланца помимо данных соединений содержит оксиды других металлов, что позволяет отнести золу к порошкам марки МП-2. Данные порошки по представленным характеристикам имеют существенное отличие лишь по показателю удельной поверхности.

Одной из важнейших характеристик минеральных порошков является показатель битумоемкости¹, который был определен экспериментально на приборе Вика. Сущность метода

Таблица 1

Физико-химические характеристики минеральных порошков

Наименование показателя	Значение для порошков марки		
	МП-1		МП-2
	Неактивированный порошок	Активированный порошок	
Зерновой состав, % по массе: – мельче 1,25 мм; – мельче 0,315 мм; – мельче 0,071 мм	не менее 100 не менее 90 от 70 до 80	не менее 100 не менее 90 не менее 80	не менее 95 от 80 до 95 не менее 60
Пористость, %, не более	35	30	40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	2,5	1,8	3,0
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %, не более	не нормируется		0,7
Показатель битумоемкости, г, не более	то же		80
Влажность, % по массе, не более	1,0	не нормируется	2,5

¹ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей GOST R 52129-2003. The mineral powder for asphalt and organic mixtures.

Таблица 2

Сравнительные характеристики доломитового и сланцевого порошков

Показатели	Доломитовый порошок	Зола сланца
Химический состав	MgO, CaO	FeO, MgO, CaO, SiO ₂ , TiO ₂ , алюмосиликаты
Плотность, г/см ³	1,2	1,1
Зерновой состав, мм	не более 0,071	не более 0,071
Удельная поверхность, м ² /г	3	30

заключалась в определении количества впитываемого индустриального масла порошками до заданной консистенции, при которой глубина погружения пестика должна составлять 8 мм.

В ходе определения показатель битумоемкости доломитового порошка составил 23 г, а золы сланца – 62 г. Таким образом, показатель битумоемкости золы сланца соответствует требованиям ГОСТ 9128-2013, что является основанием для замены используемого минерального порошка на золу сланца.

Для приготовления асфальтобетонных образцов проводился рассев минеральных компонентов: щебня, песка и минерального порошка. Рассев производился по десяти фракциям, которые были взяты в определенной дозировке [8]. В ходе работы приготовлены три состава смеси по 5 образцов каждый (табл. 3).

Как видно из табл. 3, в смеси 2 происходит частичная замена доломитового порошка на золу сланца, а смеси 3 – полная замена.

Все три смеси приготовлены по горячей технологии². Минеральные материалы (щебень, песок, минеральный порошок) предварительно высушивались при температуре 120 °С, битум обезвоживался. Смесь песка, щебня и битумного вяжущего тщательно перемешивалась в лабораторном смесителе до полного и равномерного объединения всех компонентов.

Далее в полученную горячую смесь добавлялся и тщательно перемешивался не нагретый минеральный порошок. Перемешивание считалось законченным при условии, что все минеральные зерна равномерно покрылись вяжущим и в готовой смеси не содержалось его отдельных сгустков. Далее из полученных смесей готовились образцы цилиндрической формы (50 x 50 мм) для определения физико-механических свойств [9]. Температура горячей смеси при изготовлении образцов составляла 180 °С. Уплотнение образцов производилось прессованием под давлением 8·10⁵ Па на гидравлическом прессе в специальной пресс-форме. При уплотнении должно быть обеспечено двустороннее приложение нагрузки. При изготовлении образцов форма и вкладыши нагревались до температуры 100 °С. Смесь равномерно распределялась в форме и подвергалась нагрузке в течение 3 мин.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Приготовленные образцы тестировались на основные эксплуатационные показатели, такие как предел прочности при сжатии при различных условиях, водонасыщение и др. (табл. 4).

Из табл. 4 видно, что образцы по показателю предел прочности при сжатии при различных условиях соответствуют требованиям

Таблица 3

Состав асфальтобетонных смесей

Состав	Смесь, мас. %		
	1	2	3
БНД 60/90	4,8	4,8	4,8
Щебень	76,2	76,2	76,2
Песок	9,5	9,5	9,5
Доломитовый порошок	9,5	4,75	–
Зола сланца	–	4,75	9,5

²ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний
GOST 12801-98. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods.

Эксплуатационные показатели асфальтобетонов

Показатель	Требования ГОСТ 9128-2013	Смесь		
		1	2	3
Средняя плотность, г/см ³	–	2,4	2,2	2,9
Водонасыщенность, об. %	1–4	2	8	8
Предел прочности при сжатии водонасыщенного образца R _{вн} , МПа	–	6	4	5
Предел прочности при сжатии при температуре 0°C R ₀ , МПа, не более	12	11	9	11
Предел прочности при сжатии при температуре 20°C R ₂₀ , МПа, не менее	2,2	6,3	4,9	5,5
Предел прочности при сжатии при температуре 50°C R ₅₀ , МПа, не менее	0,9	2,2	2,1	2,0
Водостойкость K _в = R _{вн} / R ₂₀ , не менее	0,75	0,91	0,78	0,82

ГОСТ 9128-2013, кроме показателя водонасыщенности, который превышает допустимое значение 4 об. %.

Таким образом, дальнейшая работа будет посвящена возможности снижения показателя водонасыщения за счет увеличения количества вводимого битума или в подборе оптимального состава доломитового и сланцевого наполнителей.

ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка показателя битумо-

емкости минеральных порошков, которая показала, что сланцевая зола (63 г) соответствует ГОСТ 9128-2013.

2. Экспериментально установлено, что эксплуатационные показатели (предел прочности при сжатии при различных условиях) асфальтобетона с золой сланца в качестве минерального порошка отвечают требованиям ГОСТ 9128-2013.

3. Установлена возможность замены дорогого доломитового на более дешевый зольный порошок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панибратов Ю.П., Староверов В.Д. К вопросу применения зол ТЭС в бетонах // Технологии бетонов. 2011. N 1. С. 43–47.

2. Пугин К.Г., Юшков В.С. Разработка асфальтобетонной смеси с использованием отходов производства // Вестник МГСУ. 2014. N 6. С. 99–104.

3. Ершова О.В., Ивановский С.К., Чупрова Л.В., Бахаева А.Н. Минеральные техногенные отходы как наполнитель композиционных материалов на основе полимерной матрицы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. N 6. С. 196–199.

4. Зубков А.Ф., Однолько В.Г. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог. М.: Машиностроение, 2009. 224 с.

5. Ромаденкина С.Б., Решетов В.А., Кружалов А.В., Лобанков Е.В., Кузьмина Р.И. Состав продуктов термического разложения горючего сланца Коцебинского месторождения //

Химия твердого топлива. 2016. N 2. С. 22–24.

6. McGovern M.E., Buttlar W.G., Reis H. Field estimation of oxidative ageing in asphalt concrete pavements using non-collinear wave mixing // Insight-Non-Destructive Testing and Condition Monitoring. 2015. V. 57, N. 1. P. 625–634. DOI: 10.1784/insi.2015.57.11.625

7. Houel A., Arnaud I., Dumont A.G. Thermomechanical characterisation of asphalt pavements in laboratory conditions // International journal of pavement engineering. 2010. V. 11, N. 6. P. 441–447. DOI: 10.1080/10298430903254117

8. Broekmans M.A.T.M. Failure of greenstone, jasper and cataclastic aggregate in bituminous concrete due to studded tyres: similarities and differences. 2007. V. 58, N 11. P. 1171–1182. DOI: 10.1016/j.matchar.2007.05.012

9. Ватин Н.И., Петросов Д.В., Калачев А.И., Лахтинен П. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. N 4. С. 16–21.

REFERENCES

1. Panibratov Yu.P., Staroverov V.D. On the question of the application of ashes of thermal power plants in concrete. *Tekhnologii betonov* [Technology of the concrete]. 2011, no. 1, pp. 43–47. (in Russian)

2. Pugin K.G., Yushkov V.S. Development of asphaltic mix with waste products use. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the Moscow State University of Civil Engineering]. 2014, no. 6, pp. 99–104. (in Russian)

3. Ershova O.V., Ivanovsky S.K., Chuprova L.V., Bakhaeva A.N. Mineral technogenic waste as a filler composite materials based on a polymer matrix. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Basic Research]. 2015, no. 6, pp. 196–199. (in Russian)

4. Zubkov A.F., Odnol'ko V.G. *Tekhnologiya stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytii avtomobil'nykh dorog* [Construction technology of asphalt concrete pavement of roads]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2009, 224 p.

5. Romadenkina S.B., Reshetov V.A., Kruzhalov A.V., Lobankov E.V., Kuzmina R.I. Composition of the thermal degradation of products of oil shale from the Kotsebinskoe deposit. *Khimiya tverdogo topliva* [Solid Fuel Chemistry]. 2016, no. 2, pp. 22–24. (in Russian)

6. McGovern M.E., Reis H., Buttlar W.G. *Estimation of oxidative ageing in asphalt concrete*

pavements using non-collinear wave mixing of critically-refracted longitudinal waves. 2015, vol. 57, no. 1, pp. 25–34. DOI: 10.1784/insi.2014.57.1.25

7. Houel A., Arnaud I., Dumont A.G. Thermomechanical characterisation of asphalt pavements in laboratory conditions. *International journal of pavement engineering*. 2010, vol. 11, no. 6, pp. 441–447. DOI: 10.1080/10298430903254117

8. Broekmans M.A.T.M. *Failure of greenstone, jasper and cataclasite aggregate in bituminous concrete due to studded tyres: similarities and differences*. 2007, vol. 58, no. 11, pp. 1171–1182. DOI: 10.1016/j.matchar.2007.05.012

9. Vatin N.I., Petrosov D.V., Kalachev A.I., Lakhtinen P. The use of ashes and slag waste in construction. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal* [Magazine of Civil Engineering]. 2011, no. 4, pp. 16–21. (in Russian)

Критерии авторства

Ромаденкина С.Б., Крузалов А.В., Лобанков Е.В., Земляков А.Ю. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Ромаденкина С.Б., Крузалов А.В., Лобанков Е.В., Земляков А.Ю. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Светлана Б. Ромаденкина

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, К.х.н., доцент
romadenkina@yandex.ru

Александр В. Крузалов

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Студент
Alexkruj@list.ru

Евгений В. Лобанков

Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Студент
zheka326@mail.ru

Contribution

Romadenkina S.B., Kruzhalov A.V., Lobankov E.V., Zemlyakov A.Yu. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Romadenkina S.B., Kruzhalov A.V., Lobankov E.V., Zemlyakov A.Yu. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Affiliation

Svetlana B. Romadenkina

N.G. Chernyshevsky Saratov National Research State University
Ph.D. (Chemistry), Associate Professor
romadenkina@yandex.ru

Alexander V. Kruzhalov

N.G. Chernyshevsky Saratov National Research State University
Postgraduate
Alexkruj@list.ru

Evgenii V. Lobankov

N.G. Chernyshevsky Saratov National Research State University
Master
zheka326@mail.ru

Александр Ю. Земляков

Саратовский национальный исследователь-
ский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского,
Студент
driver-omini@yandex.ru

Aleksandr Yu. Zemlyakov

N.G. Chernyshevsky Saratov National Research
State University
Student
driver-omini@yandex.ru

Поступила 11.11.2016

Received 11.11.2016