

АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ВАГРАНОЧНЫХ ШЛАКОВ

Канд. техн. наук, доцент **Н.С. Ковалёв**
(Воронежский государственный
аграрный университет им. императора Петра I),
ст. преподаватель **Е.Н. Отарова**
(«ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»)
Конт. информация: NSKovalev@mail.ru;
ekaterina.otarova@mail.ru

С целью расширения номенклатуры дорожно-строительных материалов, защиты окружающей среды путем утилизации регенератов сточных вод и хлорпотребляющих производств предложено использовать в асфальтобетонных смесях ваграночные гранулированные шлаки. Минеральные материалы, имея инактивную поверхность, обуславливают малую адгезию битума к их поверхности. По прочностным показателям асфальтобетонные смеси на основе гранулированных ваграночных шлаков не удовлетворяют требованиям стандарта, особенно при температуре испытания 50 °С. С целью улучшения структурно-механических свойств асфальтобетона предложено применять регенераты и пульпу гипохлорита кальция для активации поверхности ваграночных гранулированных шлаков в асфальтобетонных смесях. Введение регенератов и пульпы гипохлорита кальция при изготовлении асфальтобетонных смесей позволяет существенно улучшить структурно-механические свойства, особенно теплоустойчивость.

Ключевые слова: *ваграночный гранулированный шлак, утилизация регенератов, пульпа гипохлорита кальция, асфальтобетонные смеси.*

Актуальной является проблема использования в дорожном строительстве местных материалов и отходов промышленности. Снизить стоимость строительства автомобильных дорог можно путем замены дорогостоящих привозных материалов местными. Однако вместе с этим необходимо иметь в виду, чтобы покрытия автомобильных дорог обладали достаточной долговечностью (надежностью). Только в таком аспекте применение местных материалов и отходов промышленности даст высокий экономический эффект, особенно при строительстве автомобильных дорог и подъездных путей к населенным пунктам в сельской местности.

Так, в Центрально Черноземных областях свыше 200 населенных пунктов не имеют подъездных путей с твердым покрытием.

В районах расположения металлургических предприятий скапливается большое количество ваграночных шлаков, в том числе и гранулированных. Гранулированные ваграночные шлаки в тонкомолотом состоянии обладают малой гидравлической активностью и вследствие этого не находят применения в цементной промышленности (табл. 1), а сбрасываются в отвалы.

Таблица 1

Гидравлическая активность тонкомолотых гранулированных ваграночных шлаков

<i>Возраст испытания, сут.</i>	<i>2</i>	<i>28</i>	<i>60</i>	<i>90</i>	<i>180</i>
<i>Пределы прочности при сжатии, МПа</i>	0,0	0,12	0,32	0,59	0,87

Применение ваграночных гранулированных шлаков при строительстве дорог расширит номенклатуру дорожно-строительных материалов.

Улучшение экологической обстановки является также одной из основных задач народного хозяйства, в связи с чем очистка сточных вод в последнее время приобрела важное значение. Очистка сточных вод заключается в последовательном прохождении промышленных стоков через механический, катионитовый и анионитовый фильтры, где происходит соответственно освобождение от механических примесей, катионов и анионов. В процессе регенерации получают регенераты, утилизация которых представляет определенные трудности. Утилизация регенератов является одной из важнейших задач при решении проблемы создания замкнутых систем водоснабжения производств [1].

Ранее нами получены положительные результаты по применению регенератов ионообменных смол при изготовлении цементобетонных изделий для регулирования сроков схватывания и кинетики твердения цемента [2, 3] и в качестве активирующей добавки в асфальтобетонные смеси [4, 5].

Пульпа гипохлорита кальция является отходом промышленности и получается из электролитического хлора и абгазов хлорпотребляющих производств поглощением их известковым молоком и содержит в своем составе в масс. %: гипохлорит кальция – 7-15; гидроокись кальция – 3-7; карбонат кальция – 2-3; окись кремния – 1-2; окись магния – 2-3; полуторные окислы железа – 1-2; полуторные окислы алюминия – 0-1; вода – 69-

84. Имеется положительный опыт применения пульпы гипохлорита кальция для улучшения свойств строительных материалов на минеральных вяжущих [6, 7].

В условиях значительного увеличения интенсивности движения автомобильного транспорта важное значение приобретает повышение теплостойкости асфальтобетонных покрытий, снижающей деформации дорожной одежды в виде волн, наплывов и сдвигов [8].

Битумы, полученные из гудронов компрессорным и бескомпрессорным способами обладают недостаточной адгезией к минеральному материалу, и асфальтобетонные смеси, полученные на их основе, имеют незначительные пределы прочности на сжатие при температуре 50 °С [9]. Минеральные материалы, имея инактивную поверхность, также обуславливают малую адгезию битума к их поверхности [10].

Были проведены исследования возможности применения гранулированных ваграночных шлаков в качестве минеральной составляющей асфальтобетонных смесей. При этом использовали гранулированные ваграночные шлаки естественного зернового состава без введения минерального порошка, так как в процессе технологических операций происходит дробление шлаковых зерен, и гранулометрический состав их оптимизируется [11, 12], что удовлетворяет требованиям ГОСТ 9128-2013 (табл. 2) [13]. Изготовление образцов асфальтобетона производили, согласно ГОСТ 12801-98 [14], нефтяной битум удовлетворял требованиям ГОСТ 22245-90 [15].

Таблица 2

Изменение гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона из ваграночных гранулированных шлаков в процессе технологических операций

<i>Состояние</i>	<i>Количество частиц мельче указанного размера в мм, %</i>						
	<i>5</i>	<i>2,5</i>	<i>1,25</i>	<i>0,63</i>	<i>0,28</i>	<i>0,16</i>	<i>0,071</i>
<i>Исходный</i>	95,50	82,78	64,60	38,20	12,15	8,80	3,21
<i>После уплотнения нагрузкой 40 МПа</i>	100,00	76,60	55,80	46,20	27,80	16,20	11,10
<i>Требования ГОСТ 9128-2013</i>	70-100	56-82	42-65	30-50	20-36	15-25	8-16

Ваграночные гранулированные шлаки в асфальтобетонных смесях не применялись, и первые опыты показали, что асфальтобетонные смеси на их основе без введения активаторов поверхности обладают недостаточной теплоустойчивостью. Физико-механические свойства асфальтобетона на основе гранулированного ваграночного шлака в качестве единственной минеральной составляющей представлены в **табл. 3**.

Анализируя данные **табл. 3**, видим, что по прочностным показателям асфальтобетонные смеси на основе гранулированных ваграночных шлаков не удовлетворяют требованиям не только стандарта ГОСТ 9128-2013, но и ОДМ 218.2.017-2011 [16, табл. 33], особенно при температуре испытания 50 °С.

Пределы прочности при сжатии при этой температуре также мало изменяются во времени и с повышением вязкости битума. Таким образом, гранулированные ваграночные шлаки в естественном виде не пригодны для изготовления асфальтобетонных смесей.

С целью улучшения структурно-механических свойств асфальтобетонных смесей на основе гранулированных ваграночных шлаков нами предложено вводить активирующие добавки [17].

При введении в качестве активатора поверхности минерального материала регенератов ионообменных смол, содержащих азотнокислые соли, удалось значительно повысить адгезию битума к поверхности и теплоустойчивость асфальтобетонных смесей на основе гранулированных ваграночных шлаков.

В качестве активирующей добавки использовали регенераты ионообменных смол гальванических цехов, имеющих следующий химический состав (в масс. %):

$NaNO_3 + KNO_3 - 0,20-0,40; Ca(NO_3)_2 + Mg(NO_3)_2 - 91,00-92,00; Cd(NO_3)_2 + Zn(NO_3)_2 - 4,14-5,70; Fe(NO_3)_2 - 0,05-0,15; Al(NO_3)_2 - 0,20-0,41; Cr(NO_3)_2 - 1,75-3,70.$

Физико-механические свойства асфальтобетона с добавками отходов ионообменных очистных установок приведены в **табл. 4**.

Анализ данных **табл. 4** свидетельствует о том, что асфальтобетонные смеси на основе гранулированного ваграночного шлака, активированные 2-3% регенератов ионообменных смол, имеют показатели физико-механических свойств, удовлетворяющие требованиям стандарта на горячие асфальтобетонные смеси, за исключением водонасыщения. Как это уже указывалось ранее, это не недостаток, а специфическое свойство асфальтобетона на основе шлаковых материалов [18].

Таблица 3

*Физико-механические свойства асфальтобетона на основе
гранулированного ваграночного ишлака*

Марка битума	Содержание битума, %	Возраст испытания, сут.	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, % объема	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициенты	
					20	50	0	K_e	$K_{длит}$
<i>БНД 90/130</i>	8	2	2,29	9,57	1,1	0,1	5,5	1,27	1,09
	9	2	2,30	6,64	1,0	0,2	5,8	1,10	1,30
	8	28	2,29	9,42	0,9	0,2	4,1	1,01	1,05
	9	28	2,30	6,67	1,0	0,1	4,8	1,25	1,12
<i>БНД 60/90</i>	8	2	2,25	9,15	1,6	0,1	6,9	1,12	0,94
	9	2	2,29	8,26	1,5	0,1	9,6	1,20	1,02
	8	28	2,27	8,78	1,4	0,2	7,3	1,28	1,00
	9	28	2,30	6,72	1,4	0,3	7,0	1,28	0,93
<i>БНД 40/60</i>	8	2	2,28	8,16	1,4	0,3	5,1	1,07	0,99
	9	2	2,30	7,88	1,8	0,3	5,8	0,83	1,10
	8	28	2,29	5,61	1,6	0,3	5,9	0,93	0,98
	9	28	2,30	5,12	1,5	0,4	5,3	0,87	0,99

Таблица 4

*Физико-механические свойства асфальтобетона на основе
гранулированного ваграночного шлака,
активированного регенератами ионообменных смол*

Состав смеси	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициенты	
				20	50	0	K _в	K _{длит}
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,29	8,26	0,22	1,5	0,1	9,6	1,2	1,02
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 99 %; регенераты ионообменных смол – 1 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,35	6,70	1,30	4,8	0,5	8,4	0,71	0,68
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 98 %; регенераты ионообменных смол – 2 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,39	7,12	1,32	5,0	1,0	9,8	0,84	0,86
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 97 %; регенераты ионообменных смол – 3 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,43	7,82	1,40	5,0	1,4	9,3	0,92	0,89

Повышенное водонасыщение асфальтобетона не оказывает существенного влияния на коэффициенты водостойкости и длительной водостойкости. Объяснить это можно с позиции повышения дисперсности материала – при уплотнении асфальтобетона из гранулированных шлаковых материалов происходит его дробление (**табл. 1**). С повышением дисперсности материала увеличивается его активность, что соответствует возрастанию объема структурированного битума в граничных слоях. Известно, что вязкость структурированного битума резко возрастает по сравнению с вязкостью свободного битума [19], а через структурированный битум диффузия воды значительно уменьшается и не происходит отслаивания битума от поверхности минерального материала [20].

Активировать поверхность гранулированного ваграночного шлака можно и гипохлоритом кальция (**табл. 5**).

Как видно из представленных результатов (**табл. 5**), введение гипохлорита кальция способствует существенному снижению водопоглощения, увеличению пределов прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С. Оптимальное содержание гипохлорита кальция составляет 4-5%. При таком содержании гипохлорита наблюдаются наилучшие показатели структурно-механических свойств.

Активировать поверхность гранулированного ваграночного шлака также можно пульпой гипохлорита кальция (**табл. 6**) [21].

Из вышеизложенного следует, что гранулированные ваграночные шлаки с введением в них активирующих добавок могут быть использованы для изготовления асфальтобетонных смесей. Асфальтобетонные смеси на их основе приготавливают без введения минерального порошка, что упрощает технологию приготовления и снижает себестоимость асфальтобетонных смесей. Такого типа смеси рекомендуется использовать при строительстве местных дорог и подъездных путей к производственным объектам [16].

С целью упрощения технологии приготовления асфальтобетонных смесей, содержащих щебень, нами было предложено применять ваграночные гранулированные шлаки в качестве песка и минерального порошка. Экспериментальные исследования показали, что асфальтобетонные смеси без введения активаторов также обладают неудовлетворительными показателями физико-механических свойств, особенно при температуре +50 °С.

В качестве активатора поверхности минерального материала применили регенераторы ионообменных смол следующего состава (в масс. %): $Zn(NO_3)_2$ – 18,34; $NaNO_3$ – 40,26; NH_4NO_3 – 12,74; $Ca(NO_3)_2$ – 11,92; $Mg(NO_3)_2$ – 16,76.

Структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей представлены в **табл. 7**.

Таблица 5

**Структурно-механические свойства асфальтобетона
на основе гранулированного ваграночного шлака
с добавками гипохлорита кальция**

Состав смеси	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициенты	
				20	50	0	K _c	K _{лит}
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,29	8,26	0,22	1,5	0,1	9,6	1,20	1,02
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; гипохлорит кальция – 1 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,30	7,60	0,32	1,6	0,2	8,7	1,00	0,88
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; гипохлорит кальция – 2 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,30	6,62	0,44	2,0	0,4	7,6	0,95	0,90
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; гипохлорит кальция – 3 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,30	4,45	0,42	2,8	0,5	6,2	0,89	0,89
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100%; гипохлорит кальция – 4%; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,29	4,13	0,28	3,3	1,0	5,6	0,82	0,90
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100%; гипохлорит кальция – 5%; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,28	4,20	0,51	2,5	0,9	6,0	1,04	0,95

Таблица 6

*Структурно-механические свойства асфальтобетона на основе
гранулированного ваграночного шлака с введением добавок
пulpы гипохлорита кальция*

Состав смеси	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициенты	
				20	50	0	K_c	$K_{длит}$
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,29	8,26	0,22	1,5	0,1	9,6	1,20	1,02
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; pulpа гипохлорита кальция с содержанием активного хлора 4 % – 4 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,30	4,40	0,12	2,2	0,7	8,6	0,91	0,88
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; pulpа гипохлорита кальция с содержанием активного хлора 6% – 4 %; битум марки БНД 60/90 – 9%</i>	2,31	4,25	0,18	2,6	1,1	7,2	1,00	0,89
<i>Ваграночный гранулированный шлак – 100 %; pulpа гипохлорита кальция с содержанием активного хлора 8 % – 4 %; битум марки БНД 60/90 – 9 %</i>	2,32	4,10	0,11	2,8	1,2	7,0	0,96	0,98

Таблица 7

Структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей на основе природного щебня и ваграночного гранулированного шлака

Состав асфальтобетонных смесей	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, % объема	Набухание, % объема	Пределы прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С			Коэффициент водоустойчивости	
				20	50	0	K _c	K _{длит}
Щебень гранитный фракции 5-15 мм – 35 %; ваграночный гранулированный шлак – 58,5 %; битум марки БНД 60/90 – 6,5 %	2,00	15,50	0,90	1,6	0,7	3,4	0,96	0,88
Щебень гранитный фракции 5-15 мм – 50 %; ваграночный гранулированный шлак – 45,2 %; битум марки БНД 60/90 – 4,8 %	2,02	12,59	0,70	1,2	0,4	2,9	0,95	0,89
Щебень гранитный фракции 5-15 мм – 35 %; ваграночный гранулированный шлак – 55,5%; битум марки БНД 60/90 – 6,5 %, регенераты ионообменных смол – 3 %	2,00	17,20	0,70	2,6	1,3	4,8	0,96	0,89
Щебень гранитный фракции 5-15 мм – 50 %; ваграночный гранулированный шлак – 42,2 %; битум марки БНД – 60/90 – 4,8 %; регенераты ионообменных смол – 3,0 %	2,02	14,10	0,50	2,8	1,2	4,7	0,98	0,90

Анализ полученных результатов (табл. 7) свидетельствует о том, что асфальтобетонные смеси без введения активаторов не удовлетворяют требованиям стандарта. При введении регенераторов в количестве 2-3 % показатели физико-механических свойств улучшаются и удовлетворяют требования стандарта.

Отсутствие минерального порошка в асфальтобетонной смеси позволяет существенно упростить технологию приготовления смесей, снизить трудозатраты и утилизировать регенераторы ионообменных смол.

ВЫВОДЫ

1. Ваграночные гранулированные шлаки, активированные регенератами ионообменных смол и пульпой гипохлорита кальция, можно использовать для приготовления асфальтобетонных смесей при строительстве местных дорог и подъездных путей к сельским населенным пунктам. Это расширит номенклатуру дорожно-строительных материалов.
2. Использование ваграночных гранулированных шлаков в естественном состоянии и в смеси с природными каменными материалами без введения минерального порошка упростит технологию приготовления и уменьшит стоимость приготовления смесей.
3. Применение регенератов ионообменных смол, пульпы гипохлорита кальция в качестве активаторов улучшает структурно-механические свойства асфальтобетона, особенно при температуре 50 °С, что положительно скажется на сдвигоустойчивости покрытий.
4. Утилизация регенератов ионообменных смол, пульпы гипохлорита кальция и ваграночных гранулированных шлаков будет способствовать защите окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войтович В.Б. Пути утилизации регенератов ионообменных смол / В.Б. Войтович, Д.Р. Измайлова, Д.Д. Калинин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1983. – № 10. – С. 22-23.*
2. *Ковалев Н.С. Применение регенератов ионообменных смол для регулирования сроков схватывания цемента / Н.С. Ковалев // Научный вестник. Серия: Дорожно-транспортное строительство. – Воронеж, 2003. – Вып. 1. – С. 64-66.*
3. *Ковалев Н.С. Утилизация регенератов сточных вод с целью улучшения экологии водных ресурсов / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров на современном этапе: материалы III Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 121-124.*

4. Ковалев Н.С. Использование гидроксидов (шламов) гальванических производств при строительстве и ремонте автомобильных дорог / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2017. – Вып 38/2. – С. 305-316.
5. А. с. 614123 СССР, М.Кл.² С 08 L 95/00. Асфальтобетонная смесь / С.И. Самодуров, Г.А. Расстегаева, Б.Ф. Соколов, Н.С. Ковалев и С.М. Маслов (СССР). – № 2425400/29-33; заявлено 01.12.76; опубл. 05.07.78. – Бюл. № 25. – 2 с.
6. А.с. 863538 СССР, М.Кл.² С 04В 13/22. Бетонная смесь / Н.С. Ковалев, С.И. Самодуров и Б.Ф. Соколов (СССР). – 2735582/22 – 34; заявлено 11.03.79; опубл. 15.09.81. – Бюл. № 34. – 2 с.
7. А.с. 823360 СССР, М.Кл.³ С 04 В 41/22. Способ обработки поверхностного слоя цементобетонных покрытий / Н.С. Ковалев и Б.Ф. Соколов (СССР). – 2749824/29 – 33; заявлено 06.04.79; опубл. 23.04.81. – Бюл. № 15. – 2 с.
8. Богуславский А.М. Основы реологии асфальтобетона / А.М. Богуславский, Л.А. Богуславский. – М.: Высшая школа, 1972. – С. 41-64.
9. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.
10. Гезенцевей Л.Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов / Л.Б. Гезенцевей. – М.: Стройиздат, 1971. – 255 с.
11. Ковалев Н.С. Оптимизация структуры асфальтобетона из шлаковых материалов в процессе технологических операций / Н.С. Ковалев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2010. – Вып. 18 (37). – С. 56-63.
12. Ковалев Н.С. Конструктивные слои дорожных одежд из шлаковых материалов, обработанных органическими вяжущими: монография / Н.С. Ковалев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – 286 с.
13. ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. 2014-14-11. – М.: Стандартинформ, 2014. – 50 с.
14. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – Введ. 1999-01-01. – М.: Госстрой России, 1999. – 54 с.
15. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Введ. 1991-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 9 с.
16. ОДМ 218.2.017-2011. Методические рекомендации. «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог с низкой интенсивностью движения». – М., 2011. – 304 с.

17. А. с. 608820 СССР, М.Кл². С 08L 95/00. Асфальтобетонная смесь / Г.А. Расстегаева, С.И. Самодуров, Н.С. Ковалев, Б.Ф. Соколов и А.А. Кокарев (СССР). – № 2428418/29-33; заявлено 13.12.76; опубл. 30.05.78. – Бюл. № 20. – 2 с.
18. Ковалев Н.С. Дорожный шлаковый асфальтобетон: монография / Н.С. Ковалев. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. – 230 с.
19. Бахрах Г.С. К оценке толщины адсорбционно-сольватного слоя битумов на поверхности частиц / Г.С. Бахрах // Коллоидный журнал. – 1969. – Т. 39. – № 1. – С. 8-12.
20. Ковалев Н.С. Научно-практические основы морозостойкости и трещиностойкости асфальтобетонных покрытий из шлаковых материалов : монография / Н.С. Ковалев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – 270 с.
21. Ковалев Н.С. Улучшение свойств асфальтобетона и противогололедных асфальтобетонных покрытий: монография / Н.С. Ковалев. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 182 с.

L I T E R A T U R A

1. Vojtovich V.B. Puti utilizacii regeneratov ionoobmennyh smol / V.B. Vojtovich, D.R. Izmajlova, D.D. Kalinnikov [i dr.] // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – 1983. – # 10. – S. 22-23.
2. Kovalev N.S. Primenenie regeneratov ionoobmennyh smol dlja regulirovanija srokov shvatyvanija cementa / N.S. Kovalev // Nauchnyj vestnik. Serija: Dorozhno-transportnoe stroitel'stvo. – Voronezh, 2003. – Vyp. 1. – S. 64-66.
3. Kovalev N.S. Utilizacija regeneratov stochnyh vod s cel'ju uluchshenija jekologii vodnyh resursov / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // Aktual'nye problemy zemleustrojstva i kadaстров na sovremennom jetape: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – 2016. – S. 121-124.
4. Kovalev N.S. Ispol'zovanie gidrookisej (shlamov) gal'vanicheskikh proizvodstv pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // DOROGI I MOSTY. – 2017. – Vyp 38/2. – S. 305-316.
5. А. с. 614123 SSSR, М.Кл². S 08 L 95/00. Асфальтобетонная смесь / С.И. Самодуров, Г.А. Расстегаева, Б.Ф. Соколов, Н.С. Ковалев и С.М. Маслов (СССР). – # 2425400/29-33; заявлено 01.12.76; опубл. 05.07.78. – Бюл. # 25. – 2 с.
6. А.с. 863538 SSSR, М.Кл² S 04V 13/22. Бетонная смесь / Н.С. Ковалев, С.И. Самодуров и Б.Ф. Соколов (СССР). – 2735582/22 – 34; заявлено 11.03.79; опубл. 15.09.81. – Бюл. # 34. – 2 с.

7. A.s. 823360 SSSR, M.Kl.3 S 04 V 41/22. *Sposob obrabotki poverhnostnogo sloja cementobetonnyh pokrytij* / N.S. Kovalev i B.F. Sokolov (SSSR). – 2749824/29 – 33; zajavleno 06.04.79; opubl. 23.04.81. – *Bjul.* # 15. – 2 s.
8. Boguslavskij A.M. *Osnovy reologii asfal'tobetona* / A.M. Boguslavskij, L.A. Boguslavskij. – M.: Vysshaja shkola, 1972. – S. 41-64.
9. Kolbanovskaja A.S. *Dorozhnye bitумы* / A.S. Kolbanovskaja, V.V. Mihajlov. – M.: Transport, 1973. – 264 s.
10. Gezencvej L.B. *Asfal'tovyj beton iz aktivirovannyh mineral'nyh materialov* / L.B. Gezencvej. – M.: Strojizdat, 1971. – 255 s.
11. Kovalev N.S. *Optimizacija struktury asfal'tobetona iz shlakovyh materialov v processe tehnologicheskikh operacij* / N.S. Kovalev // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura.* – 2010. – Vyp. 18 (37). – S. 56-63.
12. Kovalev N.S. *Konstruktivnye sloi dorozhnyh odezhd iz shlakovyh materialov, obrabotannyh organicheskimi vjazhushhimi: monografija* / N.S. Kovalev. – Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2014. – 286 s.
13. GOST 9128-2013. *Smesi asfal'tobetonnye, polimerasfal'to-betonnye, asfal'tobeton, polimerasfal'tobeton dlja avtomobil'nyh dorog i ajerodromov. Tehnicheskie uslovija.* – Vved. 2014-14-11. – M.: Standartinform, 2014. – 50 s.
14. GOST 12801-98. *Materialy na osnove organicheskikh vjazhushhij dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytanij.* – Vved. 1999-01-01. – M.: Gosstroj Rossii, 1999. – 54 s.
15. GOST 22245-90. *Bitумы нефтяные дорожные вязкие. Tehnicheskie uslovija.* – Vved. 1991-01-01. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2000. – 9 s.
16. ODM 218.2.017-2011. *Metodicheskie rekomendacii. «Proektirovanie, stroitel'stvo i jekspluatacija avtomobil'nyh dorog s nizkoj intensivnost'ju dvizhenija».* – M., 2011. – 304 s.
17. A. s. 608820 SSSR, M.Kl2. S 08L 95/00. *Asfal'tobetonnaja smes'* / G.A. Rasstegaeva, S.I. Samodurov, N.S. Kovalev, B.F. Sokolov i A.A. Kokarev (SSSR). – # 2428418/29-33; zajavleno 13.12.76; opubl. 30.05.78. – *Bjul.* # 20. – 2 s.
18. Kovalev N.S. *Dorozhnyj shlakovyj asfal'tobeton: monografija* / N.S. Kovalev. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. – 230 s.
19. Bahrah G.S. *K ocenke tolshhiny adsorbcionno-sol'vatnogo sloja bitumov na poverhnosti chastic* / G.S. Bahrah // *Kolloidnyj zhurnal.* – 1969. – T. 39. – # 1. – S. 8-12.

20. Kovalev N.S. *Nauchno-prakticheskie osnovy morozostojkosti i treshhinostojkosti asfal'tobetonyh pokrytij iz shlakovyh materialov : monografija / N.S. Kovalev. – Voronezh: FGBOU VPO Voronezhskij GAU, 2012. – 270 s.*
21. Kovalev N.S. *Uluchshenie svojstv asfal'tobetona i protivogolodnyh asfal'tobetonyh pokrytij: monografija / N.S. Kovalev. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2017. – 182 s.*

**ASPHALT CONCRETE MIXES ON THE BASIS OF
GRANULATED BLAST CUPOLA SLAGS**

*Ph. D. (Tech.), Professor N.S. Kovalev
(Voronezh State Agricultural University
named after Emperor Peter the Great),
Assistant Professor E.N. Otarova
(Air Forces Military Educational and Scientific Center
«Zhukovsky – Gagarin Air Force Academy»)
Contact information: NSKovalev@mail.ru;
ekaterina.otarova@mail.ru*

For the purpose of extension of the nomenclature of road construction materials, environment protection by utilization of regenerates of sewage and the chlorconsuming productions it is offered to use the blast cupola granulated slags in asphalt concrete mixes. Mineral materials, having a nonreactive surface, cause small adhesion of bitumen to their surface. By strength indicators asphalt concrete mixes on the basis of blast cupola granulated slags don't meet standard requirements, especially at test temperature of 50 °C. For the purpose of improvement of structural and mechanical properties of asphalt concrete it is offered to apply regenerates and the calcium hypochlorite pulp to activation of the surface of blast cupola granulated slags in asphalt concrete mixes. Introduction of regenerates and the calcium hypochlorite pulp when producing asphalt concrete mixes allows significantly improve structural and mechanical properties, especially thermal stability.

Key words: *blast cupola granulated slags, utilization of regenerates, calcium hypochlorite pulp, asphalt concrete mixes.*

Рецензент: канд. техн. наук Г.С. Бахрах (ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Статья поступила в редакцию: 02.04.2018 г.