УДК 625.855

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРООКИСЕЙ (ШЛАМОВ) ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Канд. техн. наук, профессор **Н.С. Ковалев**
(Воронежский государственный аграрный университет имени 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

Рассмотрен вопрос утилизации гидроокисей (шламов) с целью защиты окружающей среды и обеспечения работы очистных сооружений в замкнутом цикле.

Предлагается применение гидроокисей (шламов) для активации поверхности минеральных материалов асфальтобетонных смесей и для приготовления активированного минерального порошка.

Модификация минеральных порошков шламами гальванических производств (в количестве 7-12%) путем совместного помола их с известняком способствует повышению качества асфальтобетона, в том числе прочности, тепло- и водостойкости, при снижении расхода битума по сравнению с асфальтобетоном на основе немодифицированного минерального порошка.

***Ключевые слова**: регенераты, гидроокиси (шламы), утилизация, асфальтобетонные смеси, активированный минеральный порошок.*

Улучшение экологической обстановки является одной из основных задач экономики России, в связи с чем очистка сточных вод в последнее время приобрела важное значение.

Очистка кислотно-щелочных вод заключается в последовательном прохождении промышленных стоков через механический, катионитовый и анионитовый фильтры, где происходит соответственно освобождение от механических примесей, катионов и анионов.

Фильтрующим материалом фильтров служит кварцевый песок. Катионовые фильтры загружаются катионитом КУ-2 в водородной форме, а анионитовые – анионитом АН-31 или АВ-17 в гидроксильной форме. Восстановление обменной емкости ионитовых смол осуществляется следующим образом: катионита – 1-2 н. растворами сильных

кислот (соляной, азотной, серной); анионита – 1 н. раствором едкого натра. В процессе регенерации получаются элюаты, утилизация которых представляет определенные трудности. Утилизация регенератов является одним из важнейших направлений решения проблемы создания замкнутых систем водоснабжения производств **[1]**.

Ранее были получены положительные результаты по применению регенератов ионообменных смол при изготовлении цементобетонных изделий для регулирования сроков схватывания и кинетики твердения цемента **[2-6]** и в качестве активирующей добавки в асфальтобетонные смеси **[7-11]**.

Сточные воды некоторых заводов России представляют собой смесь кислых и промывных вод, содержащих в своем составе значительное количество ионов меди, кадмия, железа, алюминия и цинка. В случае преобладания щелочных промывов pH среды достигает 8-11, что благоприятствует образованию гидроокисей металлов. В интервале pH 8-11 все тяжелые металлы выпадают в осадок в виде гидроокисей. Это дает возможность понизить солесодержание вод и уменьшить нагрузку на фильтры. Гидроокиси (шламы) гальванических производств являются экологически опасными отходами многочисленных больших и малых металлообрабатывающих предприятий.

В условиях значительного увеличения интенсивности движения автомобильного транспорта большое значение приобретает повышение теплостойкости асфальтобетонных покрытий, способствующей снижению деформации дорожной одежды в виде волн, наплывов и сдвигов **[12]**.

Битумы, полученные из гудронов компрессорным и бескомпрессорным способами, обладают недостаточной адгезией к минеральному материалу, а асфальтобетонные смеси, полученные на их основе, имеют незначительные пределы прочности на сжатие при температуре 50 ºС **[13]**. Минеральные материалы, имея инактивную поверхность, также обуславливают малую адгезию битума к их поверхности **[14]**.

Для улучшения структурно-механических свойств асфальтобетонных смесей авторами данной статьи предложено вводить в качестве активирующих добавок гидроокиси (шламы) гальванических производств.

Состав гидроокисей, применяемых в качестве поверхностно-активной добавки в асфальтобетонные смеси, следующий (в масс. %):

Cu(OH)2 – 41,12; Cd(OH)2 – 0,52; Fe(OH)3 – 40,80; Al(OH)3 – 8,34; Zn(OH)2 – 9,22.

Асфальтобетонные смеси изготавливали и испытывали согласно ГОСТ 12801-98 и ГОСТ 9128-2013 **[15, 16]**.

Результаты использования гидроокисей в качестве поверхностно-активных веществ (ПАВ) в песчаных асфальтобетонных смесях представлены в **табл. 1 [17]**.

Таблица 1

Структурно-механические свойства песчаных асфальтобетонных смесей с добавкой гидроокисей

№ п/п	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	
1	• песок – 76,5%; • минеральный порошок – 16,6%; • битум марки БНД 60/90 – 6,9%	2,24	2,98	0,00	3,1	1,0	5,5	0,91
2	• песок – 75,56%; • минеральный порошок – 16,6%; • битум марки БНД 60/90 – 6,9%; • гидроокиси – 0,94%	2,23	2,90	0,05	3,4	1,3	7,5	0,73
3	• песок – 74,63%; • минеральный порошок – 16,6%; • битум марки БНД 60/90 – 6,9%; • гидроокиси – 1,87%	2,24	2,85	0,08	3,4	1,5	7,0	0,90
4	• песок – 73,68%; • минеральный порошок – 16,6%; • битум марки БНД 60/90 – 6,9%; • гидроокиси – 2,82%	2,24	2,80	0,10	3,8	1,5	6,9	0,91

Как видно из результатов, представленных в **табл. 1**, физико-механические свойства асфальтобетона с добавками гидроокисей в количестве 1,87-2,82% обладают повышенной прочностью на сжатие при температуре 20 °С (3,4-3,8 МПа против 3,1 МПа для асфальтобетона без добавок), значительной теплоустойчивостью на сжатие при температуре 50 °С (1,5 МПа против 1,0 МПа для асфальтобетона без добавок гидроокисей) и водоустойчивостью (0,90-0,91%), близкой асфальтобетону без добавок (0,91).

Набухание образцов из смеси порошка с битумом составляет 3,5% по объему (**табл. 2**). Изменение набухания асфальтобетонной смеси с гидроокисями (**табл. 1)** можно объяснить тем, что *не вся гидроокись оказывается привитой к поверхности минерального материала.* На это указывает повышение набухания с увеличением процентного содержания гидроокисей.

Таким образом, гидроокиси (шламы) можно с успехом применять в качестве ПАВ при приготовлении асфальтобетонных смесей без ухудшения их структурно-механических свойств.

Одним из способов, существенно повышающих прочность и теплоустойчивость асфальтобетонов при температуре 50 °С, является использование в составе асфальтобетонов активированных минеральных порошков **[14]**. Активация минеральных порошков происходит при совместном помоле известняка, ПАВ и битума.

Использование гидроокисей (шламов) гальванических производств в качестве минерального порошка не дало положительных результатов в связи с тем, что они не отвечали нормам ГОСТ 52129-2003 на минеральные порошки вследствие высокой пористости, низкой водостойкости и большого набухания смеси шлама и битума (**табл. 2**.) **[18]**.

Были проведены исследования по изучению возможности замены ПАВ и битума шламами гальванических производств в качестве активирующей добавки при помоле известняка **[19]**.

Такой подход к получению качественных асфальтобетонных смесей для строительства дорог и эффективной утилизации шламов гальванических производств основан на теории твердофазных реакций, которые инициируются механическим воздействием, приводящим к диспергированию и взаимодействию твердофазных реагентов **[20]**. Разрушение твердых фаз приводит к образованию нарушений атомной структуры, обусловливающих снижение энергетического барьера потенциальных химических реакций. Благодаря диспергированию и интенсификации массопереноса в процессе совместного помола реагирующих веществ становится возможным твердофазный механохимический синтез.

Таблица 2

Свойства минерального порошка из шламов и минерального порошка, активированного 10% шлама

№ п/п	Наименование показателей	Минеральный порошок марки МП – 1 (ГОСТ Р 52129-2003)	Минеральный порошок из шламов	Минеральный порошок, активированный 10% шлама
1.	Зерновой состав, % по массе:	не менее:		
	–мельче 1,25 мм	100	100	100
	–мельче 0,315 мм	90	100	92
	–мельче 0,071 мм	80	98	82
2.	Пористость, % по объему	не более 35	45,7	34,8
3.	Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % по объему	не более 2,5	3,50	0,98
5.	Коэффициент водостойкости	не нормируется	0,6	1,0

Совместный помол карбонатной горной породы (щебня) и шламов гальванических производств позволил получить модифицированный минеральный порошок, не только повышающий качество асфальтобетонов, но и позволяющий безопасно утилизировать шламы гальванических производств. Качество модифицированного минерального порошка проверяли в ходе испытаний по ГОСТ 52129-2003 и дополнительно по свойствам песчаного асфальтобетона из горячих асфальтобетонных смесей, применяемых для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог, т.е. на плотных асфальтобетонах, в которых минеральная часть асфальтобетонных смесей подбиралась по верхнему пределу кривой плотности. В результате подбора установлено, что минеральная часть асфальтобетонных смесей должна состоять из 80% заполнителя (песка) и 20% модифицированного минерального порошка

(по массе). В качестве вяжущего использовали битум марки БНД 90/130 **[21]**.

При изготовлении модифицированного минерального порошка долю шлама гальванических производств принимали в размере 5, 10 и 15% от массы минерального порошка (в пересчете на сухое вещество). Перед загрузкой в шаровую мельницу известняковый щебень и шлам высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу. Результаты испытаний асфальтобетонных образцов по ГОСТ 9128-2013 представлены в **табл. 3** и на **рис. 1**.

Анализ результатов испытаний асфальтобетонных образцов показывает, что модификация минеральных порошков шламами гальванических производств путем совместного помола их с карбонатной горной породой (известняком) способствует повышению качества асфальтобетона.

Таблица 3

Структурно-механические свойства песчаных асфальтобетонных смесей с минеральным порошком, модифицированным шламами

Номер смеси	*Доля шлама в минеральном порошке, % по массе*	*Расход битума, % по массе*	*Плотность, г/см^3*	*Водонасыщение, % по объему*	*Набухание, % по объему*	*Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре, °С*		*Коэффициент водостойкости*
						20	*50*	
1	*0*	*7*	2,25	2,32	**0,04**	2,3	0,97	0,96
2	*0*	*6,5*	2,24	5,15	0,62	3,3	1,25	0,89
3	*5*	*7*	2,28	2,54	**0,11**	3,1	1,26	0,94
4	*5*	*6,5*	2,27	5,14	0,56	3,7	1,27	0,84
5	*10*	*7*	2,31	2,85	**0,05**	4,2	1,87	0,97
6	*10*	*6,5*	2,30	3,83	0,09	4,1	1,78	0,93
7	*15*	*7*	2,28	3,72	**0,42**	2,8	1,12	0,88
8	*15*	*6,5*	2,27	5,31	0,57	2,6	1,20	0,76

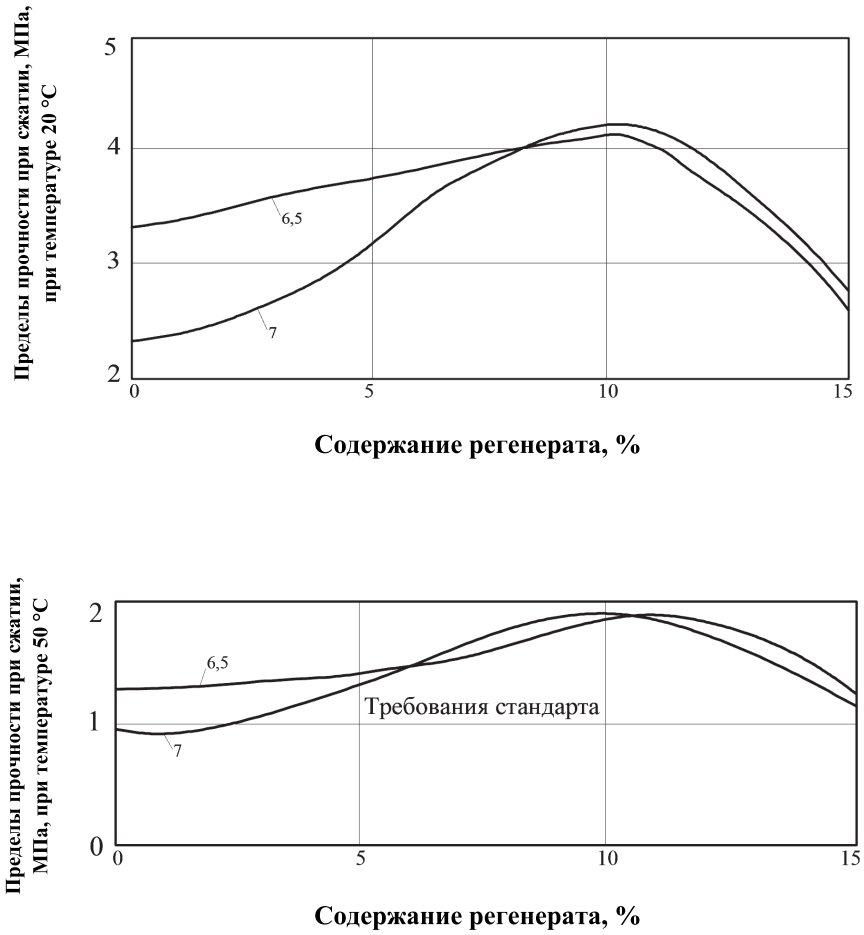

Рис. 1. Влияние содержания шлама (регенерата) в модифицированном минеральном порошке на свойства асфальтобетона
(цифры на кривых – содержание битума в смеси, %)

При оптимальном содержании гидроокисей (шламов) гальванического производства в минеральном порошке и при оптимальном расходе битума прочность при сжатии при 20 и 50 ºС повышается в 1,8-2 раза, наблюдается также повышение водостойкости и снижение расхода битума по сравнению с асфальтобетоном на основе немодифицированного минерального порошка. Оптимальная доля шлама в минеральном порошке составляет 7-12% от общей массы минерального порошка.

При содержании битума в смеси в количестве 7% сверх минеральной части набухание при содержании модифицированного минерального порошка в смеси в количестве 7-12% сопоставимо с набухани-

ем асфальтобетона без добавок (0,04 без добавок против 0,05% с 10% модифицированного минерального порошка и примерно 0,2% (если интерполировать) – при содержании 12% модифицированного минерального порошка).

При содержании битума в смеси в количестве 6,5% сверх минеральной части набухание при содержании модифицированного минерального порошка в смеси в количестве 7-12% существенно меньше, чем у асфальтобетона без добавок (0,62 без добавок против 0,09% с 10% модифицированного минерального порошка и примерно 0,33% (если интерполировать) – при содержании модифицированного минерального порошка 12%).

Это позволяет снизить расход битума на 0,5% при приготовлении асфальтобетона на модифицированном минеральном порошке по сравнению с известняковым минеральным порошком.

Предложенная технология утилизации шламов гальванических производств в модифицированных минеральных порошках для асфальтобетонных смесей путем совместного помола карбонатной горной породы и шламов является безопасной и эффективной, так как при помоле и последующем смешении с битумом связываются вредные вещества, находящиеся в шламах гальванического производства; для помола используется типовое оборудование заводов и цехов по производству минеральных порошков из карбонатных пород; повышается качество асфальтобетонов и снижается расход битума.

ВЫВОДЫ

1. Утилизация гидроокисей (шламов) будет способствовать защите окружающей среды и позволит очистным сооружениям работать в замкнутом цикле.
2. Применение гидроокисей (шламов) улучшает структурно-механические свойства асфальтобетонных смесей.
3. Совместный помол известняка и гидроокисей (шламов) позволяет получить качественные минеральные порошки для изготовления асфальтобетонных смесей и уменьшить стоимость их приготовления за счет уменьшения расхода битума на 0,5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войтович В.Б. Пути утилизации регенератов ионообменных смол / В.Б. Войтович, Д.Р. Измайлова, Д.Д. Калинников [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. Регулирование свойств цемента регенерационными стоками сахарорафинадных заводов / Н.С. Ковалев, Е.В. Куликова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – Вып. № 4 (51). – С. 165-174.*
4. *Ковалев Н.С. Улучшение экологии водных ресурсов / Н.С. Ковалев // I Международная научно-практическая Интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». – Соленое Займище: ФГБНУ, 2016. – С. 299-301.*
5. *Ковалев Н.С. Утилизация регенератов ионообменных фильтров в сельском дорожном строительстве / Н.С. Ковалев // Эколого-мелиоративные аспекты рационального использования водных и земельных ресурсов. – Воронеж, 1990. – С. 207-211.*
6. *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. – Пенза: ПГУАС, 2016. – С. 121-124.*
7. *А. с. 608820 СССР, М.Кл^2. С 08L 95/00. Асфальтобетонная смесь / Г.А. Расстегаева, С.И. Самодуров, Н.С. Ковалев, Б.Ф. Соколов, А.А. Кокарев (СССР). – № 2428418/29-33; заявл. 13.12.76; опубл. 30.05.78. – Бюл. № 20. – 2 с.*
8. *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, С.М. Маслов (СССР). – № 2425400/29-33; заявл.01.12.76; опубл. 05.07.78. – Бюл. № 25. – 2 с.*
9. *Ковалев Н.С. Дорожный шлаковый асфальтобетон: монография / Н.С. Ковалев. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. – 230 с.*
10. *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.*
11. *Ковалев Н.С. Улучшение свойств асфальтобетона и противогололедных асфальтобетонных покрытий: монография / Н.С. Ковалев. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 182 с.*

12. *Богуславский А.М. Основы реологии асфальтобетона / А.М. Богуславский, Л.А. Богуславский. – М.: Высшая школа, 1972. – С. 41-64.*
13. *Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.*
14. *Гезенцвей Л.Б. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов / Л.Б. Гезенцвей. – М.: Стройиздат, 1971. – 255 с.*
15. *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.*
16. *ГОСТ 9128-2013. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введ. 2014-14-11. – М.: Стандартинформ, 2014. – 50 с.*
17. *Ковалев Н.С. Асфальтобетонные смеси, активированные гидроокисями / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров на современном этапе: материалы IV Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГУАС, 2017. – С. 116-121.*
18. *ГОСТ Р 52129-2003. Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. – Введ. 2003-30-09. – М.: Стандартинформ. – 38 с.*
19. *Ковалев Н.С. Модифицированный минеральный порошок шламами гальванических производств / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – С. 67-72.*
20. *Tamann G. Chemische Reaktionen in Pulverformigen Gemengen zweier Kristalfarten Z. Anorgan. – Chem. – 1925. – №149. – S. 21-98.*
21. *ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Введ. 1991-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 9 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. Regulirovanie svojstv cementa regeneracionnymi stokami saharorafinadnyh zavodov / N.S. Kovalev, E.V. Kulikova // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – Vyp. № 4 (51). – S. 165-174.*
4. *Kovalev N.S. Uluchshenie jekologii vodnyh resursov / N.S. Kovalev // I Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja Internet-konferencija «Sovremennoe jekologicheskoe sostojanie prirodnoj sredy i nauchno-prakticheskie*

aspekty racional'nogo prirodopol'zovanija». – Solenoe Zajmishhe: FGBNU, 2016. – S. 299-301.

5. *Kovalev N.S. Utilizacija regeneratov ionoobmennyh fil'trov v sel'skom dorozhnom stroitel'stve / N.S. Kovalev // Jekologo-meliorativnye aspekty racional'nogo ispol'zovanija vodnyh i zemel'nyh resursov. – Voronezh, 1990. – S. 207-211.*
6. *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 kadastrov na sovremennom jetape: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Penza: PGUAS, 2016. – S. 121-124.*
7. *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, A.A. Kokarev (SSSR). – № 2428418/29-33; zajavl. 13.12.76; opubl. 30.05.78. – Bjul. № 20. – 2 s.*
8. *A. s. 614123 SSSR, M.Kl2. S 08 L 95/00. Asfal'tobetonnaja smes' / S.I. Samodurov, G.A. Rasstegaeva, B.F. Sokolov, N.S. Kovalev, S.M. Maslov (SSSR). – № 2425400/29-33; zajavl.01.12.76; opubl. 05.07.78. – Bjul. № 25. – 2 s.*
9. *Kovalev N.S. Dorozhnyj shlakovyj asfal'tobeton: monografija / N.S. Kovalev. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2015. – 230 s.*
10. *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.*
11. *Kovalev N.S. Uluchshenie svojstv asfal'tobetona i protivogololednyh asfal'tobetonnyh pokrytij: monografija / N.S. Kovalev. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2017. – 182 s.*
12. *Boguslavskij A.M. Osnovy reologii asfal'tobetona / A.M. Boguslavskij, L.A. Boguslavskij. – M.: Vysshaja shkola, 1972. – S. 41-64.*
13. *Kolbanovskaja A.S. Dorozhnye bitumy / A.S. Kolbanovskaja, V.V. Mihajlov. – M.: Transport, 1973. – 264 s.*
14. *Gezencvej L.B. Asfal'tovyj beton iz aktivirovannyh mineral'nyh materialov / L.B. Gezencvej. – M.: Strojizdat, 1971. – 255 s.*
15. *GOST 12801-98. Materialy na osnove organicheskih vjazhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytanij. – Vved. 1999-01-01. – M.: Gosstroj Rossii, 1999. – 54 s.*
16. *GOST 9128-2013. Smesi asfal'tobetonnye, polimerasfal'tobetonnye, asfal'tobeton, polimerasfal'tobeton dlja avtomobil'nyh dorog i ajerodromov. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 2014-14-11. – M.: Standartinform, 2014. – 50 s.*
17. *Kovalev N.S. Asfal'tobetonnye smesi, aktivirovannye gidrookisjami / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // Aktual'nye problemy zemleustrojstva i kadastrov na sovremennom jetape: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Penza: PGUAS, 2017. – S. 116-121.*

18. *GOST R 52129-2003. Poroshok mineral'nyj dlja asfal'tobetonnyh i organomineral'nyh smesej. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 2003-30-09. – M.: Standartinform. – 38 s.*
19. *Kovalev N.S. Modificirovannyj mineral'nyj poroshok shlamami gal'vanicheskih proizvodstv / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // Modeli i tehnologii prirodoobustrojstva (regional'nyj aspekt). – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2017. – S. 67-72.*
20. *Tamann G. Chemische Reaktionen in Pulverformigen Gemengen zweier Kristalfarten Z. Anorgan. – Chem. – 1925. – №149. – S. 21-98.*
21. *GOST 22245-90. Bitumy neftjanye dorozhnye vjazkie. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 1991-01-01. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2000. – 9 s.*

USING HYDROXIDES (SLIMES) OF GALVANIC PRODUCTIONS FOR ROAD CONSTRUCTION AND REPAIR

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

The issue of hydroxides (slimes) utilization for environment protection and ensuring sewage facilities operation in a closed loop is considered.

The use of hydroxides (slimes) for activation of the surface of aggregates in asphalt mixes and preparation of activated mineral powder is suggested.

Modification of mineral powders by slimes of the galvanic productions (in amount of 7-12%) by their joint grinding with limestone promotes improvement of quality of asphalt concrete, including durability, heat and water resistance, when decreasing the bitumen consumption in comparison with asphalt concrete on the basis of unmodified mineral powder.

Key words*: regenerates, hydroxides (slimes), reclamation, asphalt concrete mixes, activated mineral powder.*

Рецензент: нач. отдела экологической и эксплуатационной оценки объектов дорожного хозяйства А.В. Бобков (ФАУ «РОСДОРНИИ»),
канд. техн. наук Л.А. Горелышева (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 29.06.2017 г.