



СВОЙСТВА АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО НА ОСНОВЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКА, СОДЕРЖАЩЕГО В СВОЕМ СОСТАВЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

И. И. Бизирка

*ГОУ ВПО «Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского
национального университета имени Владимира Даля»,*

4, ул. Октябрьская, г. Луганск, ЛНР, 91055.

E-mail: bizirkaira@mail.ru

Получена 21 апреля 2020; принята 22 мая 2020.

Аннотация. Улучшение свойств асфальтующего вещества в обычных условиях достигается за счет использования дополнительных дорогостоящих поверхностно-активных веществ, усложняющих не только технологию приготовления асфальтующего, но и повышающих его стоимость. Многокомпонентная система, которой является органоминеральный порошок из осадков сточных вод, позволяет улучшить сцепление битумов с поверхностью минеральных зерен, повысить качество асфальтобетонных и улучшить показатели технологических процессов приготовления асфальтующего вещества за счет участия поверхностно-активных веществ и тяжелых металлов в образовании гетеротрофных солей гумусовых кислот, комплексно-гетеротрофных солей, адсорбционных комплексов хелатного типа, содержащих металл в анионной части молекул в виде способного к диссоциации катиона. Таким образом, улучшение свойств асфальтующего вещества с использованием органоминерального порошка обеспечивается за счет присутствия поверхностно-активных веществ в составе осадка сточных вод и значительно удешевляется технология приготовления асфальтующего.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, вяжущее, осадок сточных вод, органоминеральный порошок, адсорбция, поверхностно-активные вещества.

ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОВ'ЯЖУЧОГО НА ОСНОВІ ОРГАНОМІНЕРАЛЬНОГО ПОРОШКУ, ЩО МІСТИТЬ В СВОЄМУ СКЛАДІ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

І. І. Бізірка

*ДООУ ВПО «Інститут будівництва, архітектури і житлово-комунального господарства Луганського
національного університету імені Володимира Даля»,*

4, вул. Октябрська, м. Луганськ, ЛНР, 91055.

E-mail: bizirkaira@mail.ru

Отримана 21 квітня 2020; прийнята 22 травня 2020.

Анотація. Поліпшення властивостей асфальтов'яжучої речовини в звичайних умовах досягається за рахунок використання додаткових дорогих поверхнево-активних речовин, які ускладнюють не тільки технологію приготування асфальтов'яжучого, але і підвищують його вартість. Багатокомпонентна система, якою є органомінеральний порошок з осадів стічних вод, дозволяє поліпшити зчеплення бітумів з поверхнею мінеральних зерен, підвищити якість асфальтобетону і поліпшити показники технологічних процесів приготування асфальтов'яжучої речовини за рахунок участі поверхнево-активних речовин і важких металів в складі гетеротрофних солей гумусових кислот, комплексно-гетеротрофних солей, адсорбційних комплексів хелатного типу, що містять метал в аніонній частині молекул у вигляді здатного до дисоціації катіона. Таким чином, поліпшення властивостей асфальтов'яжучої речовини з використанням органомінерального порошку забезпечується за рахунок присутності поверхнево-активних речовин в складі осаду стічних вод і значно здешевлюється технологія приготування асфальтов'яжучого.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, в'язуче, осад стічних вод, органомінеральний порошок, адсорбція, поверхнево-активні речовини.

PROPERTIES OF AN ASPHALT BINDER BASED ON AN ORGANOMINERAL POWDER CONTAINING SURFACTANTS

Irina Bizirka

Institute of Building, Architecture and Housing and Communal Services of the Lugansk National University of the name of Vladimir Dahl,

4, October Str., Lugansk, LPR, 91055.

E-mail: bizirkaira@mail.ru

Received 21 April 2020; accepted 22 May 2020.

Abstract. Improving the properties of asphalt binders under ordinary conditions is achieved through the use of additional expensive surfactants that complicate not only the technology of preparation of asphalt binders, but also increase its cost. The multicomponent system, which is an organomineral powder from sewage sludge, allows to improve the adhesion of bitumen to the surface of mineral grains, improve the quality of asphalt concrete and improve the performance of the preparation of asphalt binder through the participation of surface-active substances and heavy metals in the formation of heterotrophic salts of humic acids, comprehensively -heterotrophic salts, chelate adsorption complexes containing metal in the anionic part of the molecules in the form of a cation capable of dissociation. Thus, the improvement of the properties of the asphalt binder using organomineral powder is ensured by the presence of surfactants in the sewage sludge, and the technology of preparing the asphalt binder is significantly cheaper.

Keywords: surfactants, binder, sewage sludge, organomineral powder, adsorption, surfactants.

Формулировка проблемы

Минеральный порошок (МП) – важнейший компонент асфальтобетона. Его основное назначение заключается в: переводе органического вяжущего в адсорбционно-сольватное состояние; увеличении поверхности контакта между структурообразующими частицами микро-, мезо- и макроструктуры; повышении теплостойкости битума; снижении скольжения колеса автомобиля во время торможения; повышении адгезии и когезии вяжущего, а также плотности минерального остова асфальтобетона.

Улучшение свойств асфальтовяжущих веществ в обычных условиях достигается использованием дополнительных дорогостоящих поверхностно-активных веществ (ПАВ), усложняющих не только технологию приготовления асфальтобетонной смеси, но и повышающих ее стоимость. В случае же использования осадка сточных вод (ОСВ) подобный эффект обеспе-

чивается, за счет присутствия ПАВ в составе осадка сточных вод и значительно удешевляется технология приготовления асфальтобетонной смеси.

Анализ последних исследований и публикаций

В работах В. И. Братчуна, Л. Б. Гезенцвея, В. А. Золотарева, А. С. Колбановской, У. Г. Ханиной, В. В. Ядыкиной и других ученых [1–9] показана роль минерального порошка в формировании структуры дорожных бетонов на органических вяжущих; а также адсорбционная активность минерального порошка, которая определяется удельной поверхностью, химическим и минералогическим составом, структурой минеральных частиц, энергетической активностью поверхности частиц, количеством активных центров на поверхности МП, топографией, микрорельефом и чистотой поверхности.

А. В. Буселом [10], Я. Н. Ковалевым [11], В. С. Филимоновым [12], Т. Ю. Химерик [13] показано, что органические порошковые отходы лесотехнической промышленности и гидролизного лигнина специфически взаимодействуют с битумом и могут быть использованы как структурирующий порошок асфальтобетона.

Однако изученные отходы промышленности как минеральные порошки уступают по качеству известняковому минеральному порошку. Недостатком порошковых отходов является недостаточное сцепление с органическим вяжущим, высокоразвитая внутренняя поверхность и как следствие повышенное содержание органического вяжущего в асфальтобетонной смеси, и др.

Р. В. Бреусом [14], В. В. Кинчиковым [15], В. А. Новаком [16] показана возможность использования ОСВ с их сложным вещественным составом (органическая и минеральная составляющие, обогащенные тяжелыми металлами) как исходное сырье для получения минеральных порошков.

В то же время исследования и научное обоснование влияния поверхностно-активных веществ, входящих в состав органоминерального порошка из осадков сточных вод, на физико-механические свойства асфальтовяжущего вещества отсутствуют.

Цель работы

Выполнить теоретическое и экспериментальное обоснование влияния поверхностно-активных веществ на свойства асфальтовяжущего.

Основной материал

В таблице 1 приведен химический состав депонированных осадков практически идентичен для разных городов Российской Федерации и Украины.

Исходя из химического состава лежалых осадков (табл. 1) видно, что они содержат два основных типа веществ: неорганические соединения, количество которых составляет около 79 %, органические соединения – около 21 % и тяжелые металлы 0,06 %.

Минеральная часть ОСВ представлена преимущественно алюмосиликатами (рис. 1, табл. 1, 2), которые характеризуются большой емкостью катионного обмена, высокой адсорбционной

способностью и слабокислыми свойствами поверхности.

В депонированных ОСВ содержание органических веществ, которые хорошо совмещаются с битумом, достигает 20...24 %. Последние представлены остатками синтетических моющих веществ, алкиларилсульфонатами, лигнинсульфонатами, углеводородами с гетероциклическими атомами или конденсированными ядрами, плохо разрушаемыми фосфорорганическими соединениями, лигнинами и гуминовыми веществами, жесткими ПАВ катионного и анионного типа. В составе ОСВ содержатся соединения железа и алюминия, а также цинка, хрома, никеля, свинца, меди и др.

Многокомпонентная система, которой является ОСВ, предполагает: участие ПАВ и тяжелых металлов в образовании гетеротрофных солей гумусовых кислот, комплексно-гетеротрофных солей, адсорбционных комплексов хелатного типа, содержащих металл в анионной части молекул в виде способного к диссоциации катиона.

Неорганические соединения осадков представлены преимущественно алюмосиликатами (монтмориллонит, каолинит), карбонатами, кварцем и кремнеземом.

В качестве органических веществ в ОСВ могут присутствовать:

- жироподобные вещества (из жироловок);
- трудно разрушаемые растворители и углеводороды особенно с гетероциклическими атомами или конденсированными ядрами;
- трудно разрушаемые фосфорорганические соединения;
- различные моющие средства, мыла общей формулы $R-COONa$, алкил-, арилсульфонаты – $R-SO_3Na$, мылонафты, соли нафтеновых кислот, на основе которых создаются синтетические моющие средства (СМС) [17].

Как было сказано выше, органические вещества хорошо совмещаются с битумом. Особое внимание следует обратить на остатки синтетических моющих веществ, которые включают в себя алкил-, арилсульфонаты, лигнинсульфонаты, углеводороды с гетероциклическими атомами или конденсированными ядрами, а также плохо разрушаемые фосфорорганические соединения и гуминовые вещества. К ним также относятся жесткие ПАВ катионного и анионного типа. Как указано в [17], «биологически жесткие» ПАВ

Таблица 1. Химический состав минеральной части осадков сточных вод

Страна, город	Состав минеральной части, %									Потери при прокаливании, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ΣТМ*	
<u>Украина</u>										
Луганск	46,3	10,5	6,1	9,3	2,0	0,8	1,8	1,6	0,06	22
Макеевка	35,7	7,3	11,9	13,9	4,3	1,5	2,1	2,0	0,08	22
Донецк	43,8	8,9	12,5	7,2	3,6	1,8	2,4	1,8	0,07	20
<u>Россия</u>										
Новосибирск	56,2	10,4	6,4	6,0	4,5	–	4,5	2,7	0,05	≈10
Омск	54,6	9,6	13,2	6,8	3,4	1,7	–	–	0,06	≈10
Москва	55,3	12,1	7,6	6,5	3,9	1,2	2,2	1,7	0,07	≈10

*Примечание: ТМ – сумма тяжелых металлов: Hg, Pb, Cu, Mn, Ni, Cr, Co, Cd, Zn и др.

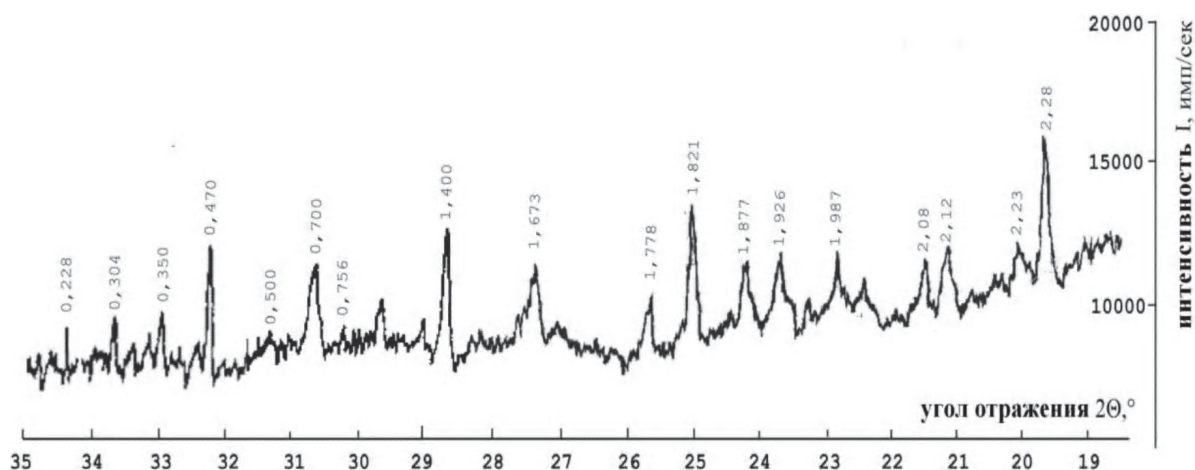


Рисунок 1. Рентгенограмма минеральной составляющей ОСВ.

удаляются в отстойниках не более чем на 40 %. По этой причине очень велика вероятность нахождения таких ПАВ в ОМП. К их числу можно отнести такие анионные ПАВ:

- лецитин, биологическая разлагаемость (БР) ≈ 30÷40%;
- нафталинсульфонаты, к которым относятся смачиватель НБ (натрий бутилнафталин сульфат $C_4H_9C_{10}H_6SO_3Na$), БР = 30 % (10 мг/л); смачиватель СВ-101 (смесь натрий моно-, ди- и трибутил-1-нафталинсульфонат $(C_4H_9)_nC_{10}H_6SO_3Na$, где $n = 1÷3$, БР ≈ 30 %;
- алкилароматические сульфокислоты и их соли: раствор ДС-РАС, БР ≈ 30÷40%; пенооб-

разователь ПО-1, БР ≈ 60 %; ПО-1Д, БР ≈ 35÷40 % (натриевые соли алкилароматических сульфокислот на основе керосина $C_nH_{2n+1}ArSO_3Na$, где $n = 8÷12$); контакт Петрова (смесь сульфокислот), БР ≈ 35÷40 % и т. д.;

- сульфонаты карбоновых кислот, обладающие высокой БР ≈ 90÷92 %; алкилсульфаты, БР ≈ 90 % («Прогресс», оксанол-Л-3С, неотол ПФВ-ЗНС); мыла (карбоновые кислоты и их соли).

Вышеперечисленные ПАВ вполне могут принимать участие в образовании различных гетерополярных солей гумусовых кислот, комплексно-

Таблица 2. Результаты обработки рентгенограммы

Минерал	Формула	Межплоскостное расстояние, d
Монтмориллонит	$(\text{Ca}, \text{Mn}, \text{Na}) (\text{Al}, \text{Mg})_2 (\text{OH})_2 [(\text{Si}, \text{Al})_{4010}] n\text{H}_2\text{O}$	1,40; 0,70; 0,47; 0,35
Кварц	SiO_2	1,87; 2,12; 2,28
Гидрослюда (иллит)	$(\text{Ca}, \text{Mg}) (\text{Mg}, \text{Fe}_2+) (\text{OH})_2 [(\text{Si}, \text{Al})_{4010}] 4\text{H}_2\text{O}$	1,673; 1,987; 1,821
Каолинит	$\text{Al}_4(\text{OH})_8 [\text{Si}_4\text{O}_{10}]$	1,877; 1,926; 2,08
Кальцит	CaCO_3	0,28; 0,304; 0,756

гетерополярных солей, адсорбционных комплексов [18].

Адгезия битумов с минеральной поверхностью будет зависеть в основном от содержания высокомолекулярных ПАВ и условий их адсорбции на межфазной поверхности «битум–органика–минеральный материал».

Улучшение свойств битума в обычных условиях достигается использованием дополнительных дорогостоящих ПАВ [19], усложняющих не только технологию приготовления асфальтобетонной смеси, но и повышающих ее стоимость. В случае же использования ОСВ подобный эффект обеспечивается, за счет присутствия ПАВ в составе осадка сточных вод и значительно удешевляется технология приготовления асфальтобетонной смеси.

Температура размягчения асфальто вяжущего вещества, содержащего ОМП из ОСВ, выше, чем на известняковом минеральном порошке (рис. 2).

Структура и энергетические свойства поверхности ОМП определяют характер сорбционных процессов.

Величина адсорбции битума минеральными порошками из осадка сточных вод, золы из ОСВ и кварцевого песка ниже, чем у известнякового (рис. 3). Характерно, что для ОМП из осадков сточных вод эти показатели значительно выше, чем для других кислых материалов, что характеризует более активное его взаимодействие с битумом.

Показатель сцепления битума с минеральными порошками по методу А. С. Колбановской приведен на рис. 4.

Свойства ОМП определяют сорбцию, увеличение трения и повышение вязкости асфальто вяжущего и его структурно-механическую прочность. Структурирующие свойства органоминерального порошка из осадков сточных вод заметно выше, чем у МП из золы ОСВ, и особенно у кварцевого минерального порошка (рис. 5).

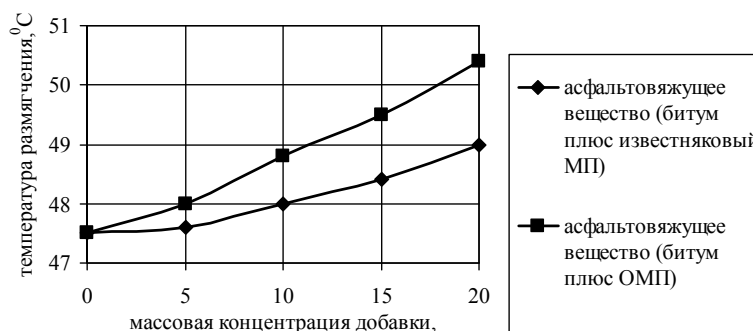


Рисунок 2. Зависимость температуры размягчения асфальто вяжущего вещества от массовой концентрации минерального порошка.

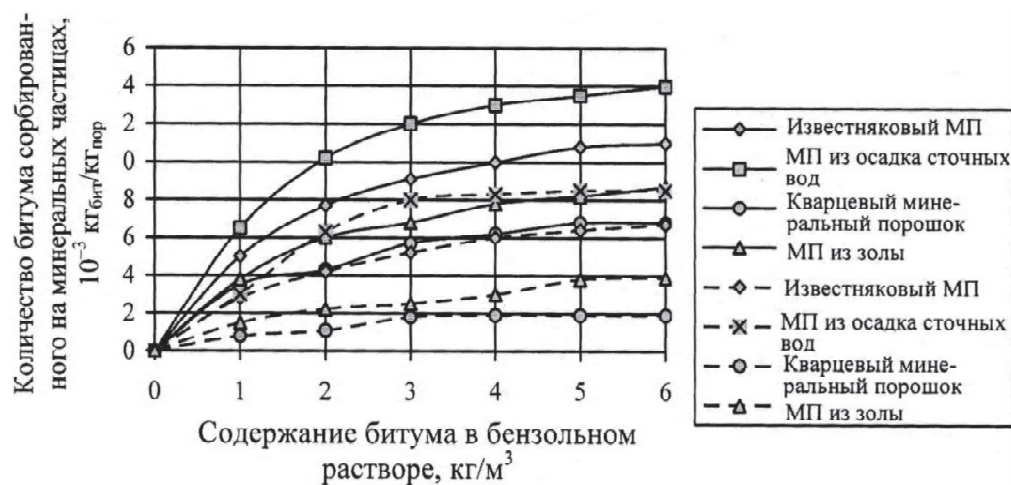


Рисунок 3. Зависимость количества битума, сорбированного на минеральных частицах, от содержания битума в бензольном растворе: — — первоначальная адсорбция битума на поверхности; - - - - - после десорбции бензолом.

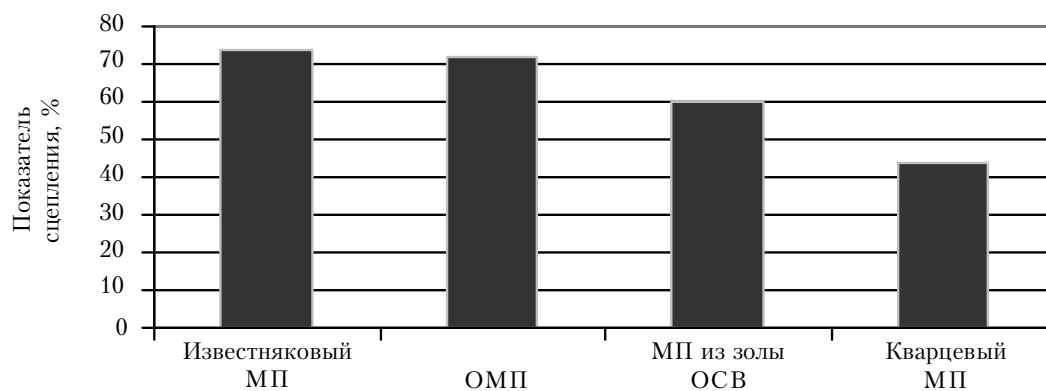


Рисунок 4. Показатель сцепления битума с минеральными порошками, определенный весовым методом.



Рисунок 5. Зависимость предельного напряжения сдвига асфальтовяжущего вещества от вида и содержания минерального порошка: —♦— известняковый МП; —◆— ОМП; —□— МП из золы ОСВ; —■— кварцевый МП.

Структурирующее действие органоминерального порошка из осадков сточных вод становится заметным уже при 40 % мас. содержании его в асфальто вяжущем веществе. Наиболее резкое увеличение пластической прочности асфальто вяжущего с известняковым минеральным порошком наблюдается при его массовой концентрации более 40 %. Для органоминерального порошка начальная структурообразующая концентрация составляет более 45 %, тогда как для МП из золы ОСВ и кварцевого минерального порошка – более 50 %.

Это можно объяснить более интенсивным взаимодействием поверхности органоминерального порошка с битумом благодаря свойствам его поверхности, обусловленным более высоким содержанием активных центров, а именно щелочноземельных металлов, наличием примесей алюминия.

Физико-механические свойства асфальто вяжущего позволяют прогнозировать более высокое качество асфальтобетона при использовании минерального порошка из осадка сточных вод.

Выводы

1. Улучшение свойств битума в обычных условиях достигается использованием дополни-

тельных дорогостоящих ПАВ, усложняющих не только технологию приготовления асфальто вяжущего, но и повышающих его стоимость. В случае же использования органоминерального порошка подобный эффект обеспечивается за счет присутствия ПАВ в составе осадка сточных вод и значительно удешевляется технология приготовления асфальто вяжущего.

2. Теоретически и экспериментально доказано, что химическое взаимодействие на границе раздела фаз «органоминеральный порошок – нефтяной дорожный битум» происходит по типу комплексно-гетерополярных соединений, которые содержат металл как в анионной части молекул, так и в виде способного к диссоциации катиона, что и обеспечивает более высокую адгезию и способность битумной пленки сопротивляться агрессивному воздействию воды и повышенным температурам в сравнении с кислыми материалами (золой и кварцевым минеральным порошком).
3. Исследования влияния поверхностно-активных веществ, входящих в состав органоминерального порошка из осадков сточных вод, показывают улучшение свойств асфальто вяжущих веществ.

Литература

1. Об улучшении качества каменноугольных вяжущих и бетонов на их основе отходами промышленности [Текст] / В. И. Братчун, Н. Ф. Почапский, В. А. Золотарёв [и др.] // Автомобильные дороги. 1983. № 11. С. 6–7.
2. Львов, О. Н. Асфальтобетон на основе серосодержащих отходов промышленности [Текст] / О. Н. Львов, Л. Б. Гезенцев // Автомобильные дороги. 1984. № 1. С. 55–61.
3. Колбановская, А. С. О подборе поверхностно-активных добавок, улучшающих сцепление битума с минеральными материалами [Текст] / А. С. Колбановская // Автомобильные дороги. 1958. № 7. С. 14–15.
4. Ханина, Ц. Г. Исследование свойств минеральных порошков для асфальтового бетона [Текст] / Ц. Г. Ханина // Минеральные порошки для асфальтового бетона. Под ред. В. В. Михайлова. 1940. С. 124–132.

Reference

1. Bratchun, V. I.; Pochapsky, N. F.; Zolotarev V. A. [et. al.]. On improving the quality of coal binders and concrete based on them from industrial waste [Text]. In: *Car roads*. 1983. № 11. P. 6–7. (in Russian)
2. Lvov, O. N. Gezentsvey, L. B. Sulfur-based industrial waste asphalt concrete [Text]. In: *Car roads*. 1984. № 1. P. 55–61. (in Russian)
3. Kolbanovskaya, A. S. On the selection of surface-active additives that improve the adhesion of bitumen to mineral materials [Text]. In: *Car roads*. 1958. № 7. P. 14–15. (in Russian)
4. Khanina, Ts. G. Investigation of the properties of mineral powders for asphalt concrete [Text]. In: *Mineral powders for asphalt concrete*. Edited by V. V. Mikhaylova. 1940. P. 124–132. (in Russian)
5. Yadykina, V. V. The effect of active surface centers of silica-containing mineral components on the interaction with bitumen [Text]. In: *University News. Construction*. 2003. № 9. P. 75–79. (in Russian)

5. Ядыкина, В. В. Влияние активных поверхностных центров кремнеземсодержащих минеральных компонентов на взаимодействие с битумом [Текст] / В. В. Ядыкина // Известия вузов. Строительство. 2003. № 9. С. 75–79.
6. Noor Moutaz. Effect of mineral filler type and content on properties of asphalt concrete mixes [Электронный ресурс] / Noor Moutaz // Journal of Engineering. 2010. Vol. 16, № 3. – Режим доступа : https://www.academia.edu/12351424/EFFECT_OF_MINERAL_FILLER_TYPE_AND_CONTENT_ON_PROPERTIES_OF ASPHALT_CONCRETE_MIXES.
7. Davies, J. T. Interfacial Phenomena [Электронный ресурс] / J. T. Davies, E. K. Rideal. – New York and London : Academic Press. – Режим доступа : <https://pdfslide.net/documents/turbulence-phenomena-j-t-davies-academic-press-new-york-1972-412-pages.html>.
8. Inozemtsev, S. Surface modification of mineral filler using nanoparticles for asphalt application [Электронный ресурс] / S. Inozemtsev, E. Korolev // Theoretical Foundation of Civil Engineering : materials MATEC Web of Conferences ; XXVII R-S-P Seminar 2018. – Режим доступа : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819604052>.
9. Bailey, A. I. Surface active substances [Электронный ресурс] / A. I. Bailey // THERMOPEDIA. – Режим доступа : <http://www.thermopedia.com/content/1174/>.
10. Бусел, А. В. Способ приготовления активированного минерального порошка : а. с. 1689341 СССР, М.Кл. С 04 В 26/26. [Текст] / А. В. Бусел, Я. Н. Ковалев, В. Н. Хатько, Ю. А. Безбородов, В. М. Домненко (СССР). – № 4704353 ; заявл. 14.06.89 ; опубл. 07.11.91, Бюл. № 41. – 4 с.
11. Ковалев, Я. Н. Применение минеральных порошков из кислых горных пород в асфальтобетоне [Текст] / Я. Н. Ковалев, А. В. Бусел // Автомобильный транспорт и дороги. 1982. Вып. 9. С. 110–113.
12. Филимонов, В. С. Смолы пиролиза растительного сырья как фактор биологической защиты дорожных покрытий [Электронный ресурс] / В. С. Филимонов, В. П. Кисилев // Электронный журнал «Исследовано в России». 2002. С. 2215–2221. – Режим доступа : <http://zhurnal.ape.relan.ru/articles/2002/200.pdf>.
13. Сюньи, Г. К. Гидролизный лигнин как порошок для дорожных бетонов [Текст] / Г. К. Сюньи, Т. Ю. Химерик // Автодорожник Украины. 1977. № 1. С. 52–55.
14. Бреус, Р. В. Зниження об'ємів накопичених відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук : 21.06.01 / Р. В. Бреус – Харків : УНДІЕП, 2007. – 21 с.
15. Кинчиков, В. Качество строительства и ремонта дорожных покрытий в Беларуси [Электронный ресурс] / В. Кинчиков // Строительство и недвижимость. 1997. № 13. С. 37–42. – Режим доступа :
6. Noor Moutaz. Effect of mineral filler type and content on properties of asphalt concrete mixes [Electronic resource]. In: *Journal of Engineering*. 2010. Vol. 16, № 3. Access mode : https://www.academia.edu/12351424/EFFECT_OF_MINERAL_FILLER_TYPE_AND_CONTENT_ON_PROPERTIES_OF ASPHALT_CONCRETE_MIXES. (in English)
7. Davies, J. T.; Rideal, J. T. Interfacial Phenomena [Electronic resource]. New York and London : Academic Press. Access mode : <https://pdfslide.net/documents/turbulence-phenomena-j-t-davies-academic-press-new-york-1972-412-pages.html>. (in English)
8. Inozemtsev, S.; Korolev, E. Surface modification of mineral filler using nanoparticles for asphalt application [Electronic resource]. In: *Theoretical Foundation of Civil Engineering*: materials MATEC Web of Conferences; XXVII R-S-P Seminar 2018. Access mode : <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819604052>. (in English)
9. Bailey, A. I. Surface active substances [Electronic resource]. In: *THERMOPEDIA*. Access mode : <http://www.thermopedia.com/content/1174/>.
10. Busel, A. V. The method of preparation of activated mineral powder : a. c. 1689341 USSR, M. Cl. C 04 B 26/26. [Text]. A. V. Busel, Ya. N. Kovalev, V. N. Khatko, Yu. A. Bezborodov, V. M. Domnenko (USSR). № 4704353; declaration 14.06.89; published 07.11.91, Bul. № 41. 4 p. (in Russian)
11. Kovalev, Ya. N.; Busel, A. V. The use of mineral powders from acidic rocks in asphalt concrete [Text] In: *Road transport and roads*. 1982. Vol. 9. P. 110–113. (in Russian)
12. Filimonov, V. S.; Kisilev, V. P. Resin pyrolysis of plant materials as a factor in the biological protection of road surfaces [Electronic resource]. In: *The electronic journal «Investigated in Russia»*. 2002. P. 2215–2221. Access mode : <http://zhurnal.ape.relan.ru/articles/2002/200.pdf>. (in Russian)
13. Syuni, G. K.; Khimerik, T. Yu. Hydrolytic lignin as a powder for road concrete [Text]. In: *Ukrainian road builder*. 1977. № 1. P. 52–55. (in Russian)
14. Breus, R. V. Reduction of the accumulated waste of water treatment - sewage sludge, by their utilization in asphalt concrete [Text] : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering; 21.06.01. Kharkov: URIEP, 2007. 21 p. (in Ukraine)
15. Kinchikov, V. The quality of construction and repair of road surfaces in Belarus [Electronic resource]. In: *Construction and real estate*. 1997. № 13. P. 37–42. Access mode : <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/13/sn1310.htm>. (in Russian)
16. Novak, V. The use of urban sewage sludge in the production of asphalt mixtures [Electronic resource]. In: *Construction and real estate*. 2009. № 2. P. 8–11. Access mode : <http://www.nestor.minsk.by/sn/2001/25/sn12512.html>. (in Russian)
17. Surface phenomena and surfactants [Text]: handbook / Edited by. A. A. Abramzon. L. : Chemistry, 1984. 392 p. (in Russian)

- <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/13/sn13-10.htm>.
16. Новак, В. Применение городских осадков сточных вод при выпуске асфальтобетонных смесей [Электронный ресурс] / В. Новак // Строительство и недвижимость. 2009. № 2. С. 8–11. – Режим доступа : <http://www.nestor.minsk.by/sn/20-01/25/sn12512.html>.
 17. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества [Текст] : справочник / под ред. А. А. Абрамзона. – Л. : Химия, 1984. – 392 с.
 18. Орлов, Д. С. Химия почв [Электронный ресурс] : монография / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, М. С. Суханова. – М. : изд-во МГУ, 2005. – 420 с. – Режим доступа : <https://ru.b-ok.cc/book/2987161/76b108>.
 19. Rosen, M. J. Systematic Analysis of Surface-Active Agents [Электронный ресурс] : Chemical Analysis. Vol. 12; 2-nd edn. New York; London: Interscience, 1972. 591 p. Access mode : <https://archive.org/details/systematicanalysis0000rose/page/6>. (in English)
 18. Orlov, D. S.; Sadovnikova, L. K.; Sukhanova, M. S. Soil chemistry [Electronic resource] : monograph. M. : MSU publishing house, 2005. 420 p. Access mode : <https://ru.b-ok.cc/book/2987161/76b108>. (in Russian)
 19. Rosen, M. J.; Goldsmith, H. A. Systematic Analysis of Surface-Active Agents [Electronic resource] : Chemical Analysis. Vol. 12; 2-nd edn. New York; London: Interscience, 1972. 591 p. Access mode : <https://archive.org/details/details/systematicanalysis0000rose/page/6>. (in English)

Бизирка Ирина Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного, гражданского строительства и архитектуры ГОУ ВПО «Институт строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского национального университета имени Владимира Даля». Научные интересы: утилизация промышленных и коммунальных отходов в асфальтобетонах.

Бізірка Ірина Іванівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва та архітектури Інституту будівництва, архітектури і житлово-комунального господарства ДООУ ВПО «Луганський національний університет імені Володимира Даля». Наукові інтереси: утилізація промислових і комунальних відходів в асфальтобетоні.

Bizirka Irina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Industrial, Civil Engineering and Architecture Department, Institute of Building, Architecture and Housing and Communal Services of the Lugansk National University of the name of Vladimir Dahl. Scientific interests: utilization of industrial and communal wastes is in asphalt concrete.