

**УДК 625.7/.8**

**Васильев Юрий Эммануилович**

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»  
Россия, Москва<sup>1</sup>  
Профессор  
Доктор технических наук  
[vashome@yandex.ru](mailto:vashome@yandex.ru)

**Воейко Ольга Александровна**

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»  
Россия, Москва  
Кандидат технических наук, доцент  
[olga\\_voeyko@yandex.ru](mailto:olga_voeyko@yandex.ru)

**Царьков Дмитрий Сергеевич**

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет»  
Россия, Москва  
Аспирант  
[dimon21091991@mail.ru](mailto:dimon21091991@mail.ru)

## **Исследование коррозионной устойчивости сероасфальтобетона**

---

<sup>1</sup> 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64, комната 133

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние противогололедных реагентов на прочностные свойства асфальтобетонных смесей. Установлено, что растворенные в воде соли и реагенты оказывают комбинированное негативное воздействие на свойства асфальтобетонных смесей. Рассмотрен механизм химических реакций реагентов с компонентами асфальтобетона. Установлено, что за счет высокого рН реагенты способны растворять компоненты, входящие в состав битума и разрушать структуру минерального порошка. Изучены известные методы повышения коррозионной устойчивости асфальтобетона. Предложен способ повышения стойкости к воздействию реагентов путём введения в состав композита технической серы. Описаны химические свойства серы. Рассмотрены реакции серы при введении её в состав вяжущего. Предложен принцип механизма защиты от коррозии, создаваемого серой в составе композитного материала. Для проверки разработанной гипотезы были проведены экспериментальные работы. В качестве исследуемого показателя была принята поверхностная прочность асфальтобетона. Описаны результаты измерения поверхностной прочности после 25 и 50 циклов замораживания-оттаивания асфальтобетонных образцов в агрессивных средах. Результаты показывают повышенную стойкость сероасфальтобетона к воздействию солей и реагентов, по сравнению с обычным асфальтобетоном. Сделаны выводы об эффективности применения серы в составе асфальтобетонных смесей для повышения коррозионной устойчивости композита.

**Ключевые слова:** автомобильные дороги; дорожное покрытие; асфальтобетон; битум; долговечность; техническая сера; противогололедные реагенты; коррозионная устойчивость; поверхностная прочность.

При проектировании и строительстве дорожных асфальтобетонных покрытий необходимо учитывать особенности их работы в конкретных климатических и эксплуатационных условиях. Климатические условия района расположения дороги определяют температурный режим работы покрытия, набор мероприятий по содержанию, характер сезонных изменений несущей способности дорожной одежды, вариации деформативных и прочностных характеристик слоев асфальтобетонных покрытий и возникающих в них напряжений в течение срока эксплуатации. В частности, важным фактором, влияющим на свойства асфальтобетонного покрытия, является необходимость применения в условиях РФ в зимнее время противогололедных реагентов (ПГР) [1].

Долговечность асфальтобетона обусловлена способностью материала сопротивляться комплексному воздействию механических нагрузок, изменению температуры и влажности, действию различных растворов солей, газов, совместному воздействию попеременного замораживания-оттаивания и растворов противогололедных солей и реагентов [2]. Таким образом, при недостаточной коррозионной устойчивости применяемых асфальтобетонов, наблюдается возникновение деформаций и разрушений под воздействием механических напряжений от транспортных средств и агрессивных растворов антигололедных реагентов, что приводит к снижению сроков службы асфальтобетонных дорожных покрытий.

Одним из основных факторов, нарушающих структуру асфальтобетона и ускоряющих процессы его разрушения, является воздействие воды. Поэтому такие параметры, как водостойкость и морозостойкость являются основными показателями, характеризующими коррозионную стойкость асфальтобетона [3]. Таким образом, воздействие растворенных в воде солей и реагентов, оказывает комбинированный эффект, ослабляющий связь вяжущего с наполнителем, а также разрушающий химические соединения элементов, входящих в состав композиционного материала.

Большинство из наиболее широко распространенных известных антигололедных реагентов взаимодействует с компонентами, входящими в состав асфальтобетона, разрушая его структуру и снижая его основные эксплуатационные характеристики [4]. Эти процессы происходят вследствие повышения концентрации полярных групп и растворимости отдельных компонентов битума, что приводит к изменениям в групповом составе вяжущего, а следовательно, и в его свойствах, или за счет уменьшения краевого угла смачивания, что с течением времени приводит к химическому взаимодействию между раствором реагента и тонкодисперсным наполнителем (как правило, известняковым минеральным порошком) с последующим вымыванием растворимых продуктов реакции карбоната кальция. Кроме того, наряду с общей высокой минерализацией дорожных осадков с остатками ПГР их агрессивность по отношению к асфальтобетону во многом обусловлена повышенным рН, величина которого может достигать 8,2 (рН исходных ПГР равен 8,5) [4]. За счет повышенной щелочности солевой раствор остатков ПГР растворяет многие органические соединения, в т.ч. масла и другие нефтепродукты. По этой причине может происходить ускоренное старение входящего в состав асфальтобетона битума.

Наиболее распространенными методами улучшения коррозионной стойкости асфальтобетонных покрытий являются способы, основанные на введении в систему асфальтобетона адгезионных ПАВ и активация поверхности минеральных наполнителей механическими методами или с помощью введения в состав извести, цемента и т.п. Данные методы направлены в первую очередь на повышение адгезии битума, что позволит предотвратить попадание воды и растворов солей и реагентов между вяжущим и поверхностью зерен минерального материала, таким образом, не допуская вымывания карбоната кальция из минерального порошка. Но большинство ПАВ обладают высокой стоимостью и приводят к удорожанию смеси и к усложнению производственного процесса.

Перспективным направлением, позволяющим значительно повысить коррозионную стойкость асфальтобетона без применения ПАВ, является введение в состав композита элементов, не вступающих в реакции с солями и реагентами, формирующих защитную сетку для уязвимых к коррозии компонентов асфальтобетона. В качестве такого материала может быть эффективно использована техническая сера.

Реакционная способность технической серы в кристаллическом состоянии невелика – большинство твердофазных реакций с ее участием, кроме реакции с фтором, хлором и ртутью, кинетически замедлены. Сера вступает в реакции с кислородом, галогенами, водородом, другими неметаллами, металлами. Из сложных веществ – с щелочами, кислотами-окислителями. Большинство реакций серы протекает при повышенной температуре. Применение серы в качестве добавки к битуму позволяет не только увеличить общее количество вяжущего, но и повысить его качество [5]. Кроме того, введение серы в асфальтобетонную смесь позволяет снизить технологическую температуру производства асфальтобетона, что является актуальным вследствие тенденции к снижению воздействий, приводящих к ускорению парникового эффекта. При этом, так как сера является отходом технологических процессов газо- и нефтеочистки, её стоимость значительно ниже стоимости битума (являющегося самым затратным компонентом смеси, за исключением добавок), поэтому введение серы позволяет существенно снизить затраты на производство асфальтобетонных смесей.

При химическом взаимодействии серы и битума образуются сероуглеродные связи в результате реакций серы с ненасыщенными углеводородными компонентами смол и алкенов [6]. В результате реакций наблюдается снижения содержания смол и увеличение концентрации высокомолекулярных соединений, ведущих к увеличению содержания дисперсной фазы в вяжущем. Решающим фактором при взаимодействии серы с битумом является температура. Олигомеры, содержащиеся в битуме, начинают реагировать с серой при температуре выше 130°C, насыщенные соединения – при температуре 140 – 150 °C. Следствием повышенной температуры является выделение токсичных для человека газов сероводорода и диоксида серы, поэтому рекомендуемая рабочая температура смешения серы с битумом составляет 130 – 140 °C. Сера присутствует в серобитумном вяжущем в трех состояниях [7, 8]: химически связанной, растворенной в битуме, свободной кристаллической тонкодисперсной [9]. Каждый вид серы обладает различными свойствами в составе серобитумного вяжущего и влияет на свойства композита, изготовленного на его основе. При добавлении серы в битум в количестве более 20 – 30 процентов по массе, она не может полностью прореагировать с ним и выступает в битуме в виде мельчайших диспергированных кристаллических частиц диаметром около 0,1 мкм [10]. Такая сера выполняет в битуме роль дополнительного структурообразующего наполнителя. Содержание кристаллической фракции серы при этом может составлять более половины всего количества добавляемой серы, а эффективность наполнения растет с уменьшением вязкости битума. Величина частиц серы, не растворенной в битуме, оказывает существенное влияние на свойства СБВ [11]. В частности, такая сера может повышать коррозионную устойчивость асфальтобетона, так как в твердом состоянии её реакционная способность невысока.

Для проверки рабочей гипотезы необходимо выполнить сравнение коррозионной стойкости асфальтобетона на обычном битуме и асфальтобетона, изготовленного на вяжущем с добавкой серы. В качестве показателя, характеризующего коррозионную стойкость, принята поверхностная прочность асфальтобетонных образцов, определяемая с помощью прибора ОНИКС-2.5 (рисунок 1). Принцип работы прибора основан на корреляционной зависимости параметров ударного импульса от упруго-пластических свойств испытываемого материала.

Эффективность данного прибора для оценки изменений прочности асфальтобетонов подтверждена исследованиями [2], также современные методы неразрушающего контроля и обработки данных измерений показателей качества дорожно-строительных материалов эффективно применяются при оценке свойств цементных бетонов [12-20].

Кроме того, применение неразрушающего метода определения поверхностной прочности позволяет выполнять измерения на одних и тех же образцах на протяжении всего эксперимента.



*Рис. 1. Прибор ОНИКС*

Для корректной работы прибора необходимо обеспечить однородный и ровный поверхностный слой образца. В случае цементобетона условие однородности достигается за счет цементного камня, однако в случае асфальтобетона битум между частицами наполнителя не обеспечивает той же прочности поверхностного слоя. В этом случае при попадании ударника прибора ОНИКС по зерну минерального материала, величина прочности будет значительно отличаться от показателя, получаемого при ударе по вяжущему. Поэтому, для исключения влияния неоднородности поверхностного слоя асфальтобетона, для эксперимента принята песчаная асфальтобетонная смесь типа Г следующего состава: песок – 82,5%, минеральный порошок – 17,5%, вяжущее – 7%. Для эталонного состава в качестве вяжущего применялся битум марки БНД 60/90, для экспериментального состава вяжущее включало 70% битума и 30% технической серы. Такой состав позволит получать сопоставимые значения при ударе по любой точке поверхности. В каждой партии изготавливались дополнительно контрольные образцы для испытания на водонасыщение.

Порядок экспериментов следующий. Контрольные образцы испытывали на водонасыщение, затем подвергали экспериментальные партии испытанию на замораживание-оттаивание в агрессивных средах. В качестве тестовых сред применялись вода, пятипроцентный раствор NaCl как наиболее часто применяемая соль, входящая в состав большинства реагентов, и пятипроцентный раствор антигололедного реагента на основе сочетания солей NaCl, CaCl и KCl.

Сначала выполнялось измерение поверхностной прочности образцов до выполнения процедуры замораживания-оттаивания, каждый образец подвергался измерениям в пяти точках. Данные значения прочности образцов принимались за исходные. Далее выполнялось измерение прочности образцов после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания, результаты оценки изменения прочности представлены на рисунках 2 и 3. За ноль по оси Y принималась исходная прочность образцов, таким образом можно оценить изменение прочности каждого образца для каждой среды.

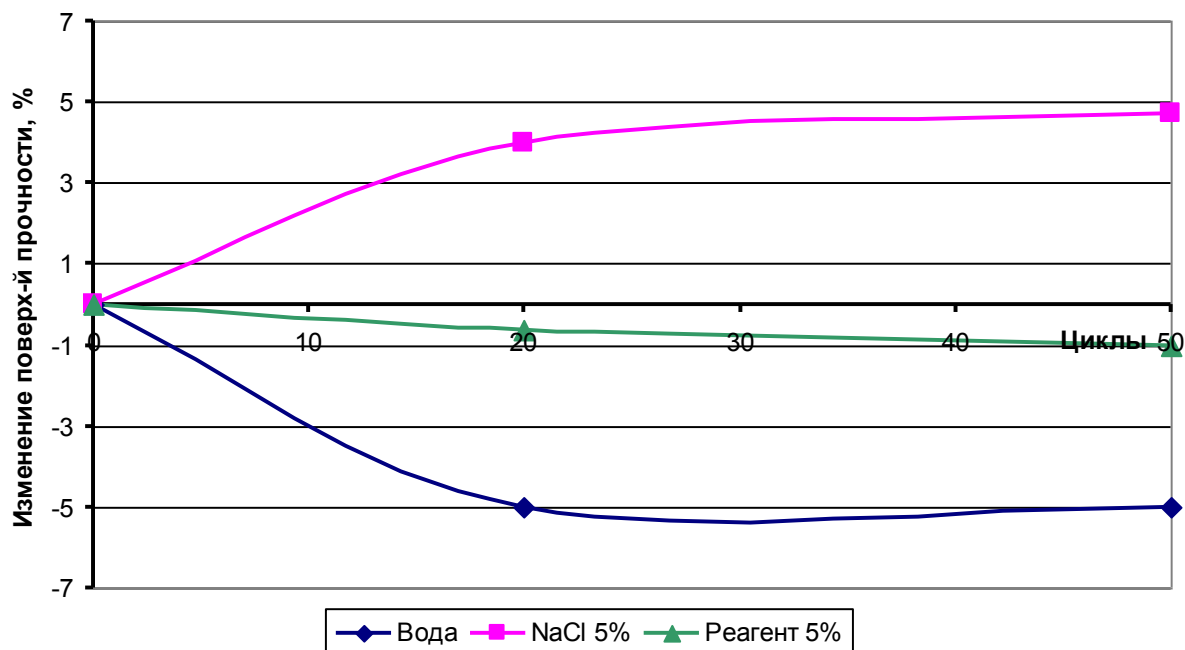


Рис. 2. Изменение поверхностной прочности сероасфальтобетонных образцов после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания

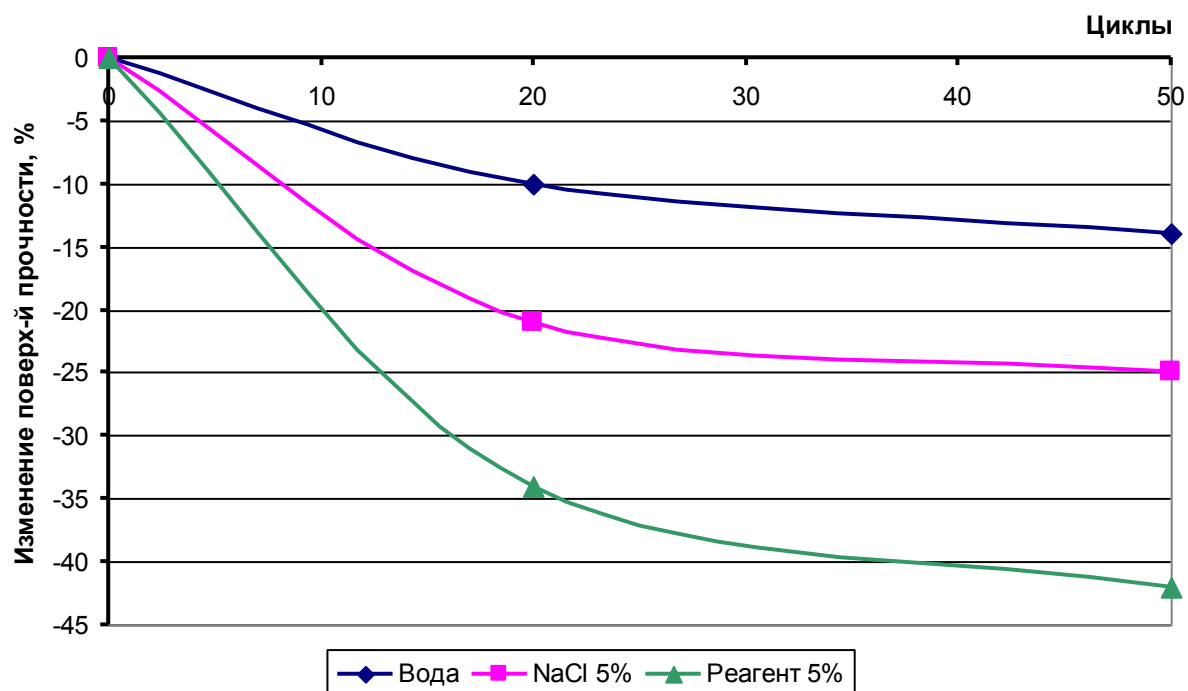
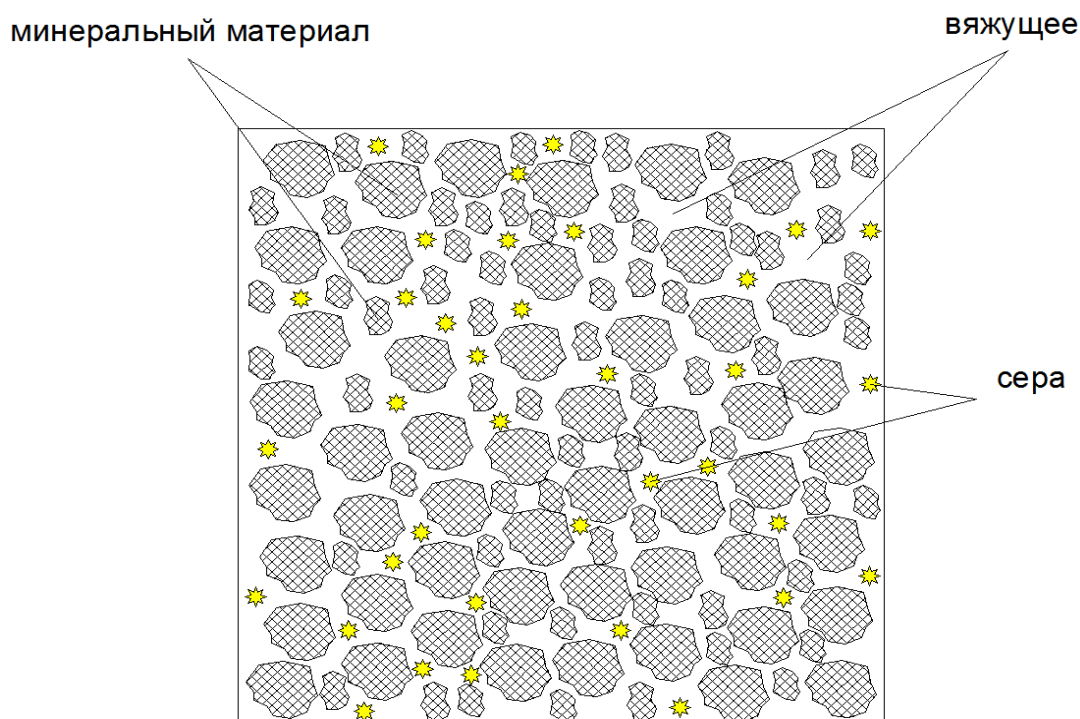


Рис. 3. Изменение поверхностной прочности эталонных асфальтобетонных образцов после 20 и 50 циклов замораживания-оттаивания

Для сероасфальтобетона не наблюдается значительного снижения прочностных характеристик при использовании агрессивных сред. В том числе, для нескольких образцов отмечен некоторый прирост поверхностной прочности, что может быть объяснено включением кристаллов не прореагировавшей соли в поверхностный слой сероасфальтобетона.

Из результатов также видно, что прочность эталонных образцов уменьшается по сравнению с исходными величинами, причем эффект увеличивается в случае применения растворов солей и реагентов.

Повышенная устойчивость сероасфальтобетона к воздействию агрессивных сред подтверждает гипотезу о том, что часть серы, находящейся в составе асфальтобетона в кристаллическом, химически малоактивном состоянии, повышает стойкость материала к воздействию солей и реагентов. Такие кристаллы серы играют роль дополнительного наполнителя, при этом формируя в структуре асфальтобетона химически неактивную сеть, защищающую от воздействия агрессивных сред (рисунок 5)



*Рис. 5. Структура сероасфальтобетона*

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы:

- коррозионная устойчивость асфальтобетонов оказывает значительное влияние на срок службы и качество дорожных покрытий;
- растворы солей, входящих в состав антигололедных реагентов, оказывают разрушающее воздействие как на органическое вяжущее, входящее в состав асфальтобетонных смесей, так и на минеральный наполнитель, в частности минеральный порошок;
- в качестве способа повышения коррозионной стойкости асфальтобетона может быть использовано введение технической серы в состав вяжущего;
- результаты экспериментов показывают, что сероасфальтобетон обладает повышенной стойкостью к воздействию наиболее часто применяемых в составе противогололедных реагентов солей;
- предложен механизм защитной функции серы в составе асфальтобетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аржанухина С. П., Кадыров Ж. Н., Кочетков А. В., Шашков И. Г., Кочетков В. А., Ермолаева В. В. Способ нанесения противогололедного материала на дорожное покрытие // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №3 (22) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014 -.- Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN314.pdf>, свободный. – Загл. с экрана. - Яз. рус., англ.
2. Швагирева О. А. Исследование влияния противогололедных реагентов на изменение структуры и свойств асфальтобетона: автореферат, дисс. канд. техн. наук / О. А. Швагирева. М.: МАДИ, 1999. - 20 с.
3. Влияние антигололедных реагентов на коррозионную устойчивость асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / Е. В. Строганов, Г. С. Меренцова // Ползуновский вестник. - 2011. - № 1. - С. 273-276 : рис. - Библиогр.: с. 276 (3 назв.)
4. Королёв В., Соколов В., Самарин Е. Оценка эколого-геологических последствий применения противогололедных реагентов в г.Москве // Инженерная геология. — 2009. — № 1. — С. 34–43.
5. Алехина М.Н. Сероасфальтобетонные смеси /Алехина М.Н., Васильев Ю.Э., Мотин Н.В., Сарычев И.Ю. Строительные материалы. 2011. № 10. С. 12-13.
6. Васильев Ю.Э. Физико-химические основы применения серы как материала в качестве вяжущего для сероасфальтобетона и сероцементобетона / Васильев Ю.Э., Мотин Н.В., Сарычев И.Ю., Кочетков А.В. // В сборнике: Строительство, дизайн, архитектура: разработка научных основ создания здоровой среды обитания Сборник материалов международной научной конференции, Россия, г. Киров, 24-25 июня 2013 г.. под редакцией А.В.Кочеткова. Киров, 2013. С. 64-71.
7. Иваньски М. Асфальтобетон как композиционный материал (с нанодисперсными и полимерными компонентами) / М. Иваньски, Н.Б. Урьев. – М.: Техполиграфцентр, 2007. – 668 с.
8. Tomkowiak K. Wplyw dodatku sidrky do asfaltow / K. Tomkowiak, K. Zelinski // Drogownictwo. – 1983. – № 2. – S. 55 – 59.
9. Mc Bee W.C. Improved resistance of sulfur – asphalt paving formulations to attack by fuels / W.C. Mc Bee, A. Tomas Sullivan // Ind. and Eng. Chem. Prod Res and Develop. – 1977. –16. – № 1. – P. 93 – 95.
10. Kalabinska M. Technologia materialow I nawierzchni drogowych / M. Kalabinska, J. Pilat. – Warszawa, 1985. – 235 s.
11. Izatt I.O. Sulphur-extended asphalt paving project / I.O. Izatt // The Sulphur Institute, 1977. – 96 p.
12. Анализ срока службы современных цементных бетонов Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Современные проблемы науки и образования . 2012. № 4 . С. 92.
13. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Васильев Ю.Э., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. С. 101.



14. Шероховатые поверхности: нормирование, проектирование и устройство / Кочетков А.В., Суслиганов П.С. // Автомобильные дороги. 2005. № 1. С. 54.
15. Состояние современного методического обеспечения расчета и конструирования дорожных одежд / Кочетков А.В., Кокодеева Н.Е., Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Шашков И.Г. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. № 1. С. 65-74.
16. Методологические основы оценки технических рисков в дорожном хозяйстве / Кокодеева Н.Е., Талалай В.В., Кочетков А.В., Янковский Л.В., Аржанухина С.П. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. 2011. № 3. С. 38-49.
17. Нормативно-методическое обеспечение развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В. // Инновации. 2011. № 7. С. 82-85.
18. Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства / Сухов А.А., Карпеев С.В., Кочетков А.В., Аржанухина С.П. // Инновационная деятельность. 2010. № 3. С. 41.
19. Совершенствование структуры отраслевой диагностики федеральных автомобильных дорог / Аржанухина С.П., Кочетков А.В., Козин А.С., Стрижевский Д.А. // Интернет-журнал Науковедение. 2012. № 4 (13). С. 70.
20. Диагностика и паспортизация элементов улично-дорожной сети системой видеокomпьютерного сканирования / Васильев Ю.Э., Беляков А.Б., Кочетков А.В., Беляев Д.С. // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 3 (16). С. 55.

**Рецензент:** Кокодеева Наталия Евсегнеевна, д.т.н., профессор кафедры, «Транспортное строительство» Саратовского государственного, технического университета имени Гагарина Ю.А., академии транспорта; Ермолаева Вероника Викторовна, к.т.н., доцент СГТУ, секретарь Поволжского отделения Российской академии.

**Yuri Vasiliev**

Moscow Automobile And Road Construction State Technical University (MADI)  
Russia, Moscow  
[vashome@yandex.ru](mailto:vashome@yandex.ru)

**Olga Voeyko**

Moscow Automobile And Road Construction State Technical University (MADI)  
Russia, Moscow  
[olga\\_voeyko@yandex.ru](mailto:olga_voeyko@yandex.ru)

**Dmitry Tsarkov**

Moscow Automobile And Road Construction State Technical University (MADI)  
Russia, Moscow  
[dimon21091991@mail.ru](mailto:dimon21091991@mail.ru)

## **Sulfur asphalt concrete corrosion resistance research**

**Abstract.** Anti-icing reagents influence on asphalt concrete strength properties is considered in article. It is revealed that salts and reagents dissolved in water cause combined negative effects on asphalt concrete properties. Chemical reactions of reagents and asphalt components are considered. It is revealed that reagents are able to dissolve bitumen fractions and brake asphalt concrete structure due to high pH level. Known corrosion resistance increasing methods are studied. Corrosion resistance increasing method with use of adding technical sulfur to composite is proposed. Sulfur chemical properties are described. There are considered reactions involving sulfur while adding it to binder. Corrosion protection mechanism formed in composite by sulfur principle is proposed. To verify this hypothesis experimental works were conducted. As the test index asphalt concrete surface strength was adopted. Surface strength measurement results after 25 and 50 cycles of icing and thawing in aggressive conditions were described. Results show increased sulfur asphalt concrete resistance to reagents impact in comparison to standard asphalt concrete. There was concluded the effectiveness of sulfur usage in asphalt concrete compositions for corrosion resistance increasing.

**Keywords:** automobile roads; road pavement; asphalt concrete; bitumen; durability; technical sulfur; anti-icing reagents; corrosion resistance; surface strength.

## REFERENCES

1. Arzhanuhina S. P., Kadyrov Zh. N., Kochetkov A. V., Shashkov I. G., Kochetkov V. A., Ermolaeva V. V. Sposob nanosenija protivogolednogo materialana dorozhnoe pokrytie // Internet-zhurnal «Naukovedenie», 2014 №3 (22) [Elektronnyj resurs]-M.: Naukovedenie, 2014 -.- Rezhim dostupa: <http://naukovedenie.ru/PDF/88TVN314.pdf>, svobodnyj. – Zagl. s jekrana. - Jaz. rus., angl.
2. Shvagireva O. A. Issledovanie vlijanija protivogolednyh reagentov na izmenenie struktury i svojstv asfal'tobetona: avtoreferat, diss. kand. tehn. nauk / O. A. Shvagireva. M.: MADI, 1999. - 20 s.
3. Vlijanie antigolednyh reagentov na korrozionnuju ustojchivost' asfal'tobetonnyh pokrytij avtomobil'nyh dorog / E. V. Stroganov, G. S. Merencova // Polzunovskij vestnik. - 2011. - № 1. - S. 273-276 : ris. - Bibliogr.: s. 276 (3 nazv.)
4. Korol'ov V., Sokolov V., Samarin E. Ocenka jekologo-geologicheskikh posledstvij primenenija protivogolednyh reagentov v g.Moskve // Inzhenernaja geologija. — 2009. — № 1. — S. 34–43.
5. Alekhine M.N. Seroasfaltobetonnye mixture / Alekhine M.N., Vasiliev J.E., Motin N.V., Sarychev I.Y. Building Materials. 2011. № 10. S. 12-13.
6. Vasiliev Y.E. Physico-chemical basis for the use of sulfur as a material as a binder for seroasfaltobetona and serotsementobetona / Vasiliev J.E., Motin N.V., Sarychev I.Y., Kochetkov A.V. // In: Construction, Design and architecture: the development of scientific basis to create a healthy environment Proceedings of the international scientific conference, Russia, Kirov, June 24-25, 2013 .. edited A.V..Kochetkova. Kirov, 2013 S. 64-71.
7. Ivan'ski M. Asfal'tobeton kak kompozicionnyj material (s nanodispersnymi i polimernymi komponentami) / M. Ivan'ski, N.B. Ur'ev. – M.: Tehpoligrafcentr, 2007. – 668 s.
8. Tomkowiak K. Wplyw dodatky sidrky do asphaltow / K. Tomkowiak, K. Zelinski // Drogownictwo. – 1983. – № 2. – S. 55 – 59.
9. Mc Bee W.C. Improved resistance of sulfur – asphalt paving formulations to attack by fuels / W.C. Mc Bee, A. Tomas Sullivan // Ind. and Eng. Chem. Prod Res and Develop. – 1977. –16. – № 1. – P. 93 – 95.
10. Kalabinska M. Technologia materialow I nawierzchni drogowych / M. Kalabinska, J. Pilat. – Warszawa, 1985. – 235 s.
11. Izatt I.O. Sulphur-extended asphalt paving projeck / I.O. Izatt // The Sulphur Institute, 1977. – 96 p.
12. Analiz sroka sluzhby sovremennyh cementnyh betonov Rapoport P.B., Rapoport N.V., Poljanskij V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V. Sovremennye problemy nauki i obrazovanija . 2012. № 4 . S. 92.
13. Statisticheskie metody kontrolja kachestva pri proizvodstve cementobetona i cementobetonnyh smesej / Vasil'ev Ju.Je., Poljanskij V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2012. № 4. S. 101.
14. Sherohovatye poverhnosti: normirovanie, proektirovanie i ustrojstvo / Kochetkov A.V., Susliganov P.S. // Avtomobil'nye dorogi. 2005. № 1. S. 54.

15. Sostojanie sovremennogo metodicheskogo obespechenija rascheta i konstruirovaniya dorozhnyh odezhd / Kochetkov A.V., Kokodeeva N.E., Rapoport P.B., Rapoport N.V., Shashkov I.G. // Transport. Transportnye sooruzhenija. Jekologija. 2011. № 1 . S. 65-74.
16. Metodologicheskie osnovy ocenki tehniceskikh riskov v dorozhnom hozjajstve / Kokodeeva N.E., Talalaj V.V., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V., Arzhanuhina S.P. // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Prikladnaja jekologija. Urbanistika. 2011. № 3. S. 38-49.
17. Normativno-metodicheskoe obespechenie razvitija innovacionnoj dejatel'nosti v dorozhnom hozjajstve / Arzhanuhina S.P., Suhov A.A., Kochetkov A.V. // Innovacii. 2011. № 7. S. 82-85.
18. Formirovanie nauchno-innovacionnoj politiki dorozhnogo hozjajstva / Suhov A.A., Karpeev S.V., Kochetkov A.V., Arzhanuhina S.P. // Innovacionnaja dejatel'nost' . 2010. № 3. S. 41.
19. Sovershenstvovanie struktury otraslevoj diagnostiki federal'nyh avtomobil'nyh dorog / Arzhanuhina S.P., Kochetkov A.V., Kozin A.S., Strizhevskij D.A. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2012. № 4 (13). S. 70.
20. Diagnostika i pasportizacija jelementov ulichno-dorozhnoj seti sistemoj videokomp'juternogo skanirovanija / Vasil'ev Ju.Je., Beljakov A.B., Kochetkov A.V., Beljaev D.S. // Internet-zhurnal Naukovedenie. 2013. № 3 (16). S. 55.