

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/47TVN116.pdf>

DOI: 10.15862/47TVN116 (<http://dx.doi.org/10.15862/47TVN116>)

Статья опубликована 17.02.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Копылов В.Е., Буренина О.Н. Минеральное сырье Республики Саха (Якутия) для производства асфальтобетонов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №1 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/47TVN116.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/47TVN116

**УДК 691.168**

**Копылов Виктор Евгеньевич**

ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Россия, Якутск<sup>1</sup>

Старший преподаватель

E-mail: [kopvic@gmail.com](mailto:kopvic@gmail.com)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=671476](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=671476)

**Буренина Ольга Николаевна**

ФГБУН «Институт проблем нефти и газа СО РАН», Россия, Якутск

Заведующий лабораторией

Кандидат технических наук

E-mail: [bon.ipng@mail.ru](mailto:bon.ipng@mail.ru)

РИНЦ: [http://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=545851](http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=545851)

## **Минеральное сырье Республики Саха (Якутия) для производства асфальтобетонов**

**Аннотация.** В последнее время в дорожной отрасли Российской Федерации наблюдается высокий рост темпов строительства автомобильных дорог. Основным материалом, используемым для строительства усовершенствованных типов покрытий автомобильных дорог, на сегодняшний день, является асфальтобетон. К сожалению, ограниченность сырьевой базы дорожно-строительных материалов для производства асфальтобетонов, вызывает необходимость использования дорогостоящих привозных материалов, что в конечном итоге сильно влияет на стоимость конечного продукта – автомобильной дороги. Возможными путями решения данной проблемы можно считать, как совершенствование существующих методов производства дорожно-строительных материалов с целью улучшения их физико-механических свойств, так и расширение их номенклатуры. Исследования показали, что использование в качестве минерального порошка для производства асфальтобетонов природных цеолитов и бурых углей, позволяет не только улучшить физико-механические свойства асфальтобетонов, но и снизить стоимость их производства. Разработанные составы минеральных порошков из природных цеолитов и бурых углей, а также асфальтовых бетонов на их основе, обладают всеми необходимыми характеристиками, предъявляемыми требованиями действующих стандартов. Результаты исследования позволяют расширить номенклатуру дорожно-строительных материалов для производства асфальтобетонных смесей в Республике Саха (Якутия).

---

<sup>1</sup> 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Белинского, д. 58

**Ключевые слова:** асфальтобетон; асфальтовое вяжущее вещество; минеральный порошок; природный цеолит; бурый уголь; прочность при сжатии; коэффициент температурной чувствительности; коэффициент теплостойкости

Автомобильный транспорт любой страны является важнейшим элементом ее развития. По данным ежегодного информационно-статистического бюллетеня Министерства транспорта Российской Федерации из 9904,5 миллионов тонн различных грузов, перевезенных за 2014 год на долю автомобильного транспорта приходится более 50% (5414,4 миллионов тонн). Аналогичная ситуация и с пассажирскими перевозками – на долю автомобильного транспорта приходится около 57,8% всех пассажирских перевозок. Состояние транспортно-дорожной сети в РФ, к сожалению, не может обеспечить постоянно растущие потребности страны, в связи с чем возникает угроза замедления развития отдельных секторов экономики. Из 1450348,3 км автомобильных дорог всего 1023000,2 км (70,5%) имеют твердое покрытие, причем значительная часть из них имеет высокую степень износа и исчерпала свою пропускную способность, помимо этого, плохое качество дорожных покрытий сильно сказывается на безопасности передвижения транспортных средств по таким дорогам.

Стоит отметить, что в последнее время все больше средств выделяется на строительство новых и реконструкцию старых автомобильных дорог. Высокие темпы строительства автомобильных дорог с усовершенствованным типом покрытия, требуют производства больших объемов дорожно-строительных материалов. К сожалению, не во всех регионах Российской Федерации налажено производство основных дорожно-строительных материалов – щебня и минерального порошка, в связи с чем, подрядные организации зачастую вынуждены осуществлять завоз этих материалов из других регионов страны, что сильно сказывается на конечной стоимости дорожного покрытия. В связи с этим перед дорожной отраслью стоит важнейшая задача по расширению номенклатуры материалов, пригодных для дорожного строительства.

Наиболее распространенным материалом для строительства покрытий автомобильных дорог является асфальтобетон – рационально подобранная смесь минеральных материалов с битумом. Важнейшим структурообразующим элементом в асфальтобетоне является минеральный порошок (МП), что обусловлено его высокой удельной поверхностью по сравнению с другими минеральными материалами, входящими в состав асфальтобетона. Асфальтовяжущее вещество является бинарной системой, в которой битум выполняет роль дисперсной среды, а минеральный порошок – дисперсной фазы [1, 2]. Высокая реакционная способность зерен минерального порошка позволяет переводить битум из объемного состояния в пленочное, что положительно сказывается на физико-механических свойствах битума: наблюдается повышение плотности, прочности, трещиностойкости, происходит улучшение теплостойкости.

Известен ряд работ, в которых рассмотрена возможность применения пористых заполнителей из местного сырья для асфальтобетонов. Асфальтобетоны с подобными заполнителями обладают повышенной теплостойкостью, низкой трещиностойкостью по сравнению с асфальтобетонами на плотном заполнителе [3, 4]. Описаны также и способы применения различных отходов промышленности и шлаков ТЭЦ, которые снижают битумоемкость асфальтобетонной смеси, повышают прочность и деформационные характеристики асфальтобетонов [5, 6]. Использование в качестве минеральных порошков горючих сланцев, за счет высокой пористости исходного сырья, позволяет повысить показатели трещиностойкости и теплоустойчивости асфальтобетона [7].

По результатам ранее проведенных нами исследований было предложено и обосновано использование природных цеолитов и бурых углей в качестве минеральных порошков для производства асфальтобетонов. Доказано положительное влияние механоактивации минеральных порошков в планетарной мельнице на их структурирующие свойства по отношению к битуму. Полученные минеральные порошки и асфальтовяжущие вещества с их применением были испытаны в соответствии с ГОСТ 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей». Физико-механические характеристики минеральных порошков представлены в таблице 1. [8, 9]

**Таблица 1**

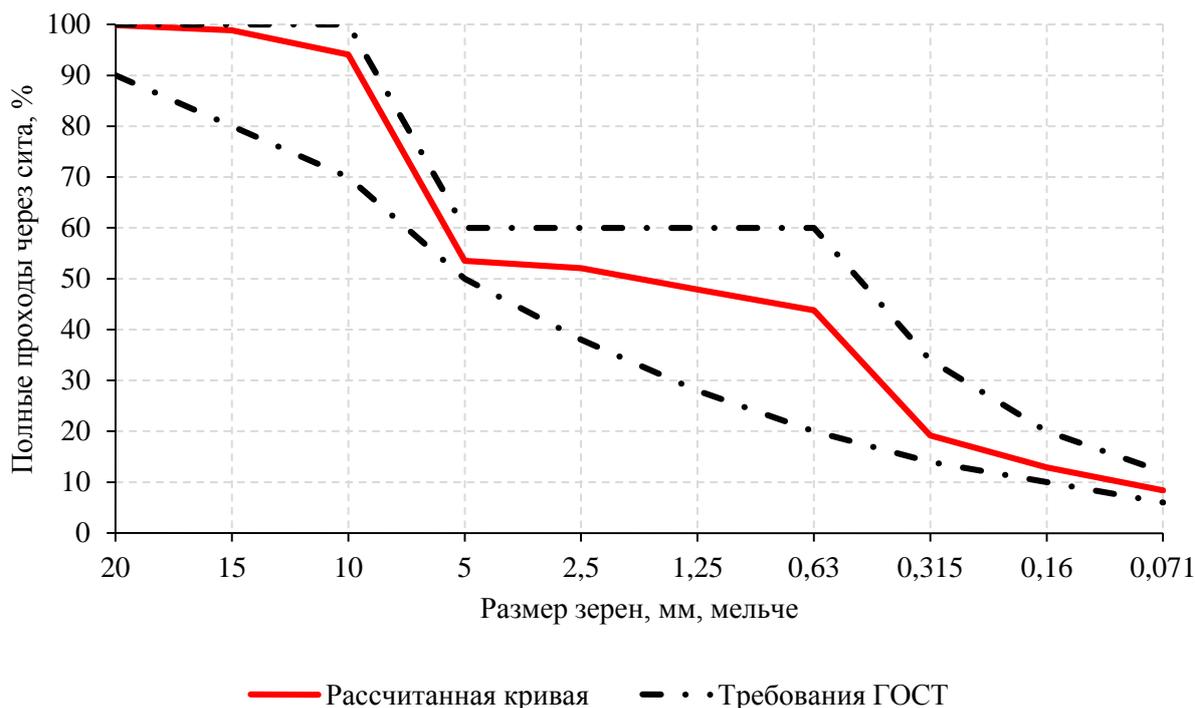
**Основные физико-механические свойства минеральных порошков**

| Наименование   | Нормативные показатели минерального порошка марки МП-2 ГОСТ Р 52129 | Минеральный порошок            |                       |                                      |                |                               |
|--|---|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------|
|  |   | известняковый неактивированный | из природного цеолита | из природного цеолита активированный | из бурого угля | из бурого угля активированный |
| Зерновой состав, % по массе                                    |   |                                |                       |                                      |                |                               |
| мельче 1,25 мм   | не менее 95   | 100                            | 100                   | 100                                  | 100            | 100                           |
| мельче 0,315 мм  | от 80 до 95   | 90                             | 90                    | 100                                  | 90             | 100                           |
| мельче 0,071 мм  | не менее 60   | 70                             | 70                    | 99,8                                 | 70             | 98,4                          |
| Пористость, % от объема  | не более 40   | 17,1                           | 16,8                  | 17,9                                 | 23,1           | 26,8                          |
| Набухание образцов из смеси порошка с битумом, % от объема     | не более 3,0  | 1,7                            | 2,43                  | 2,6                                  | 2,24           | 2,31                          |
| Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, % от объема | не более 0,7  | 0,57                           | 0,57                  | 0,75                                 | 0,5            | 0,6                           |

Минеральные порошки из местного минерального сырья обладают более высокой пористостью, что в первую очередь связано с их строением. Также предложенные минеральные порошки характеризуются повышенным значением набухания, по сравнению с традиционно применяемым известняковым минеральным порошком, ввиду более развитой удельной поверхности зерен минерального порошка. Однако, данные показатели соответствуют требованиям нормативных документов, что позволяет применять их в качестве одной из составляющих частей асфальтобетонов.

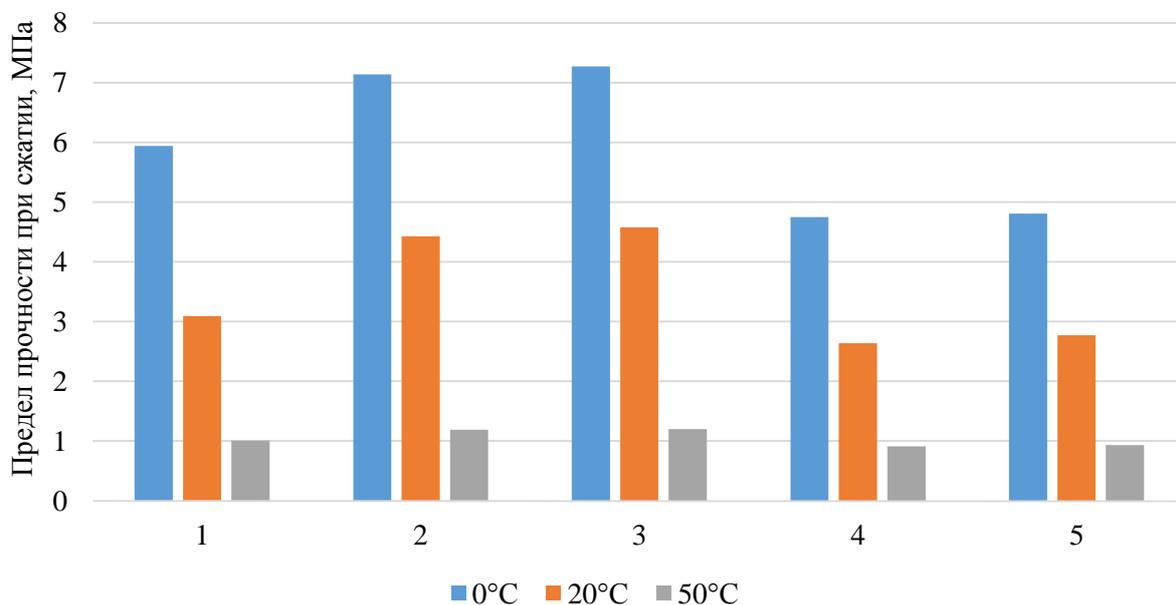
В соответствии с требованиями ГОСТ 9128-2013 «Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов» был подобран гранулометрический состав плотного асфальтобетона марки II типа Б. Кривая подбора зернового состава представлена на рисунке 1.

Приготовление асфальтобетонных смесей производилось при помощи лабораторного смесителя ЛС-АБ-10, формование образцов и их испытание - при помощи комплекса испытательных прессов ИП-1000М-авто и ИП-50М-авто, согласно ГОСТ 12801-98 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства».



**Рисунок 1.** Зерновой состав минеральной части плотного асфальтобетона марки П, тип «Б»

На рисунке 2 представлены результаты определения прочности при сжатии асфальтобетонных образцов при температурах 0°C, 20°C и 50°C.



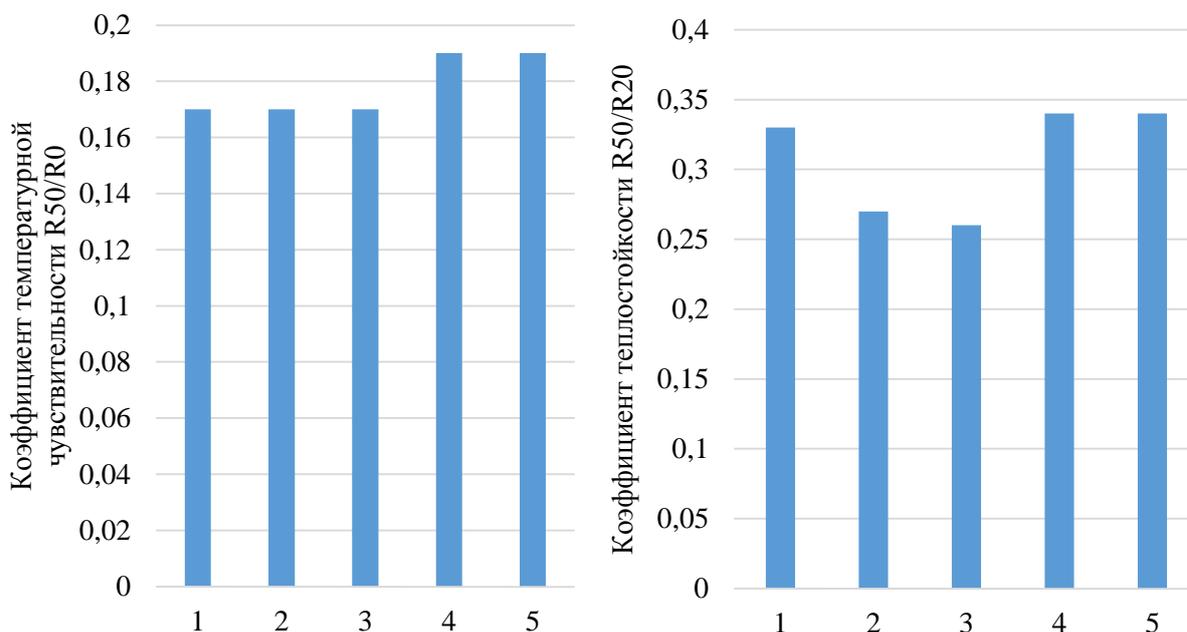
**Рисунок 2.** Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов при температурах 0°C, 20°C, 50°C

1 – Асфальтобетон с известняковым МП; 2 – Асфальтобетон с МП из природного цеолита; 3 – Асфальтобетон с МП из природного цеолита (активированный); 4 – Асфальтобетон с МП из бурого угля; 5 – Асфальтобетон с МП из бурого угля (активированный)

Анализ представленных данных показал, что образцы асфальтобетона с применением минерального порошка из природного цеолита обладают большими показателями предела

прочности при сжатии. В среднем этот показатель возрастает на 30%, а наибольший прирост прочности наблюдается у образцов, испытанных при 20°C. Благодаря наличию на поверхности зерен минерального порошка оксидов металлов и развитой удельной поверхности, минеральный порошок из природного цеолита показал лучшую структурирующую способность по отношению к битуму, что положительно сказывается на прочности образцов. Снижение прочности асфальтобетонных образцов с применением бурого угля в качестве минерального порошка закономерно. Частицы минеральных порошков из бурых углей обладают преимущественно нейтральным зарядом, что хуже сказывается на их структурирующей способности. Помимо этого, низкая прочность бурых углей также снижает и прочность асфальтобетона. Однако, наблюдаемое снижение прочности при сжатии при 0°C может трактоваться как положительная характеристика асфальтобетона для регионов с холодным климатом, так покрытия из такого асфальтобетона будут дольше сохранять способность к релаксации после приложения нагрузки от колес автомобильного транспорта.

Республика Саха (Якутия) относится к регионам с резко континентальным климатом – высокие положительные температуры летом и низкие отрицательные зимой. Подобные климатические условия требуют от асфальтобетонных покрытий улучшенных физико-механических характеристик. При оценке работоспособности асфальтобетонов при разной температуре окружающего воздуха следует учитывать следующие параметры: коэффициент температурной чувствительности, т.е. интервал температур, в котором асфальтобетон остается в упруго-пластичном состоянии и коэффициент теплостойкости, который характеризует сопротивление асфальтобетонов нагрузкам при высоких температурах (рисунок 3) [10].



**Рисунок 3.** Теплофизические свойства асфальтобетонов

1 – Асфальтобетон с известняковым МП; 2 – Асфальтобетон с МП из природного цеолита; 3 – Асфальтобетон с МП из природного цеолита (активированный); 4 – Асфальтобетон с МП из бурого угля; 5 – Асфальтобетон с МП из бурого угля (активированный)

Установлено, что коэффициент температурной чувствительности при использовании природного цеолита в качестве минерального порошка не изменяется по сравнению с традиционным известняковым минеральным порошком. Однако, использование минерального порошка из бурого угля позволяет добиться повышения этого показателя. В

условиях высоких температур окружающего воздуха в летний период, материал, обладающий более низким коэффициентом теплостойкости, будет лучше воспринимать нагрузки. Использование в качестве минерального порошка природного цеолита позволяет снизить коэффициент теплостойкости на 18% и 21% - в диспергированном и активированном состояниях соответственно. При использовании бурого угля в качестве минерального порошка коэффициент теплостойкости остается практически неизменным по сравнению с образцами асфальтобетона с применением исходного минерального порошка.

Помимо этого, для разработанных составов были определены основные физико-механические характеристики, результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Физико-механические характеристики асфальтобетонов**

| Наименование  | Нормативные показатели<br>Марка П<br>тип Б<br>ГОСТ 9128 | Минеральный порошок               |                          |  |                |                                    |
|---|---|-----------------------------------|--------------------------|--|----------------|------------------------------------|
|   |   | известняковый<br>неактивированный | из природного<br>цеолита | из природного<br>цеолита<br>(активированный) | из бурого угля | из бурого угля<br>(активированный) |
| Предел прочности при сжатии,<br>МПа при температуре:          |   |                                   |                          |  |                |                                    |
| 50°С  | Не менее 0,9  | 1,01                              | 1,19                     | 1,2  | 0,91           | 0,93                               |
| 20°С  | Не менее 2,2  | 3,09                              | 4,43                     | 4,58   | 2,64           | 2,77                               |
| 0°С   | Не более 10   | 5,94                              | 7,14                     | 7,27   | 4,75           | 4,81                               |
| Коэффициент термостабильности R <sub>0</sub> /R <sub>50</sub> | Не нормируется  | 5,88                              | 6,00                     | 6,06   | 5,22           | 5,17                               |
| Водостойкость   | Не менее 0,9  | 0,93                              | 0,97                     | 0,96   | 0,97           | 0,96                               |
| Сдвигоустойчивость  |   |                                   |                          |  |                |                                    |
| по коэффициенту внутреннего трения                            | Не менее 0,8  | 0,81                              | 0,91                     | 0,95   | 0,87           | 0,84                               |
| сцеплению при сдвиге при температуре 50°С, МПа                | Не менее 0,31   | 0,94                              | 0,86                     | 0,80   | 0,81           | 0,81                               |
| Трещиностойкость, МПа   | От 2,5 до 6,0   | 3,5                               | 3,3                      | 3,5  | 3,2            | 2,8                                |
| Водонасыщение   | От 1,5 до 4,0   | 2,29                              | 3,79                     | 3,8  | 3,78           | 3,58                               |
| Пористость минеральной части,<br>%                            | От 14 до 19   | 15,5                              | 15                       | 15,4   | 15,7           | 15,7                               |

Повышение показателя предела прочности при сжатии независимо от температуры испытания по сравнению с традиционно применяемым известняковым минеральным порошком (таблица 2) доказывает, что минеральные порошки из природного цеолита оказывают лучшее структурирующее воздействие на битум. Ввиду строения и химического состава минеральных порошков из бурого угля, асфальтобетоны с их применением обладают меньшей прочностью. Однако, все разработанные составы асфальтобетонов с применением природного цеолита и бурого угля в качестве минеральных порошков полностью соответствуют требованиям ГОСТ 9128-2013.

Таким образом, показано, что асфальтобетоны с применением минеральных порошков из местного минерального сырья Республики Саха (Якутия) могут быть использованы для строительства покрытий автомобильных дорог и их эксплуатации в жестких климатических условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбьев, И.А. Асфальтовые бетоны. Учеб. пособие для строительных вузов. М., «Высшая школа», 1969. – 399 с.
2. Сахаров П.В. Способы проектирования асфальтобетонных смесей / П.В. Сахаров // Транспорт и дороги города. - 1935. - №12. - С. 22-26.
3. Прокопец В.С. Физико-механические и деформативные свойства асфальтобетонов на пористом заполнителе / В.С. Прокопец, В.Д. Галдина, Г.И. Надыкто, Г.А. Подрез // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. – 2009. – вып.2 (12) – С. 39-43.
4. Прокопец В.С. Оптимизация рецептурных и технологических факторов при изготовлении битумоминеральных композиций на пористом заполнителе / В.С. Прокопец, В.Д. Галдина, Г.А. Подрез // Вестник СибАДИ: Научный рецензируемый журнал. – 2012. – вып.2 (24) – С. 57-63.
5. Пугин К.Г. Использование отходов металлургии в асфальтобетонах / К.Г. Пугин // Строительные материалы. – 2011. - №10. – с. 26-27.
6. Ярмолинская Н.И. Дорожный асфальтобетон с применением минеральных порошков из техногенных отходов промышленности: учеб. пособие / Н.И. Ярмолинская. – 2-е изд., перераб. и доп. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. – 337 с.
7. Галдина В.Д. Минеральные порошки из горючих сланцев / В.Д. Галдина, Е.В. Гурова, О.И. Кривонос, Е.Н. Терехова, Г.В. Плаксин, Е.А. Райская // Наука и техника в дорожной отрасли – 2015. – №2. – С. 20-24.
8. Копылов В.Е. Минеральные порошки из местного сырья для производства асфальтобетонов / В.Е. Копылов, О.Н. Буренина // Материалы для технических устройств и конструкций, применяемых в Арктике. Сборник докладов конференции. ФГУП ВИАМ. Москва, 2015. – С. 27.
9. Буренина О.Н. Возможности получения асфальтобетонных покрытий улучшенного качества в условиях холодного климата / О.Н. Буренина, Л.А. Николаева, В.Е. Копылов // Новые материалы и технологии в условиях Арктики. Материалы международного симпозиума. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. 2014. – с. 253-256.
10. Урханова Л.А. Использование углеродных наноматериалов для получения эффективного дорожно-строительного композита / Л.А. Урханова, Н.И. Шестаков, С.Л. Буянтуев, Е.В. Доржиева // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления – 2014. - №6 (51). – с. 67-72.

**Kopylov Victor Evgenevich**

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education  
«M.K. Ammosov North-Eastern Federal University», Russia, Yakutsk  
E-mail: kopvic@gmail.com

**Burenina Olga Nikolaevna**

Institute of oil and gas problems of Siberian branch Russian Academy of Sciences, Russia, Yakutsk  
E-mail: bon.ipng@mail.ru

## **Minerals of the Republic of Sakha ( Yakutia) for production of asphalt-concretes**

**Abstract.** In recent times, a high rate growth of the highways construction is observable in the road sector of the Russian Federation. So far, the asphalt-concrete is the main material used for construction of the improved types of road surfaces. Unfortunately, the limited resource base of the road-building materials for production of asphalt-concretes generates a needs for using expensive imported materials, which eventually has a significant impact on the cost of the final product - motor road. The improvement of the existing methods of the road-building materials production in order to develop their physical and mechanical properties, as well as to extend their nomenclature may be considered as the possible ways to solve this problem. The research has found that the use of natural zeolites and lignites as a mineral fines for the production of asphalt-concretes provides an opportunity not only to improve the physical and mechanical properties of asphalt-concretes, but also reduce the cost of their production. The developed compositions of mineral fines from the natural zeolites and lignites, as well as asphalt-concretes on their basis have all the necessary characteristics specified by requirements of the operating standards. The research results allows one to expand the range of the road-building materials for production of the road concrete mixtures in the Republic of Sakha (Yakutia).

**Keywords:** asphalt-concrete; asphalt cement; mineral fines; natural zeolite; lignite; compressive strength; temperature-sensitivity coefficient; heat-stability coefficient

## REFERENCES

1. Ryb'ev, I.A. Asfal'tovye betony. Ucheb. posobie dlya stroitel'nykh vuzov. M., «Vysshaya shkola», 1969. – 399 s.
2. Sakharov P.V. Sposoby proektirovaniya asfal'tobetonnykh smesey / P.V. Sakharov // Transport i dorogi goroda. - 1935. - №12. - S. 22-26.
3. Prokopets V.S. Fiziko-mekhanicheskie i deformativnye svoystva asfal'tobetonov na poristom zapolnitele / V.S. Prokopets, V.D. Galdina, G.I. Nadykto, G.A. Podrez // Vestnik SibADI: Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal. – 2009. – vyp.2 (12) – S. 39-43.
4. Prokopets V.S. Optimizatsiya retsepturnykh i tekhnologicheskikh faktorov pri izgotovlenii bitumomineral'nykh kompozitsiy na poristom zapolnitele / V.S. Prokopets, V.D. Galdina, G.A. Podrez // Vestnik SibADI: Nauchnyy retsenziruemyy zhurnal. – 2012. – vyp.2 (24) – S. 57-63.
5. Pugin K.G. Ispol'zovanie otkhodov metallurgii v asfal'tobetonakh / K.G. Pugin // Stroitel'nye materialy. – 2011. - №10. – s. 26-27.
6. Yarmolinskaya N.I. Dorozhnyy asfal'tobeton s primeneniem mineral'nykh poroshkov iz tekhnogennykh otkhodov promyshlennosti: ucheb. posobie / N.I. Yarmolinskaya. – 2-e izd., pererab. i dop. – Khabarovsk: Izd-vo Tikhookean. gos. un-ta, 2007. – 337 s.
7. Galdina V.D. Mineral'nye poroshki iz goryuchikh slantsev / V.D. Galdina, E.V. Gurova, O.I. Krivonos, E.N. Terekhova, G.V. Plaksin, E.A. Rayskaya // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli – 2015. – №2. – S. 20-24.
8. Kopylov V.E. Mineral'nye poroshki iz mestnogo syr'ya dlya proizvodstva asfal'tobetonov / V.E. Kopylov, O.N. Burenina // Materialy dlya tekhnicheskikh ustroystv i konstruktsiy, primenyaemykh v Arktike. Sbornik dokladov konferentsii. FGUP VIAM. Moskva, 2015. – S. 27.
9. Burenina O.N. Vozmozhnosti polucheniya asfal'tobetonnykh pokrytiy uluchshennogo kachestva v usloviyakh kholodnogo klimata / O.N. Burenina, L.A. Nikolaeva, V.E. Kopylov // Novye materialy i tekhnologii v usloviyakh Arktiki. Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma. Severo-Vostochnyy federal'nyy universitet im. M.K. Ammosova. 2014. – s. 253-256.
10. Urkhanova L.A. Ispol'zovanie uglerodnykh nanomaterialov dlya polucheniya effektivnogo dorozhno-stroitel'nogo kompozita / L.A. Urkhanova, N.I. Shestakov, S.L. Buyantuev, E.V. Dorzhieva // Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i upravleniya – 2014. - №6 (51). – s. 67-72.