

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 4 / 2026, Vol. 18, Iss. 4 <https://esj.today/issue-4-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/11SAVN426.pdf>

DOI: 10.15862/11SAVN426 (<https://doi.org/10.15862/11SAVN426>)

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Абайдуллина, Т. Н. Органоминеральные смеси с асфальтобетонным гранулятом для устройства оснований дорожных одежд / Т. Н. Абайдуллина, А. А. Решетова // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 4. — URL: <https://esj.today/PDF/11SAVN426.pdf>. DOI: 10.15862/11SAVN426.

For citation:

Abaidullina T.N., Reshetova A.A. Organomineral mixtures with asphalt concrete granulate for the construction of road pavement bases. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(4): 11SAVN426. Available at: <https://esj.today/PDF/11SAVN426.pdf>. DOI: 10.15862/11SAVN426. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 691.16

Абайдуллина Татьяна Николаевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: tn28@mail.ru

Решетова Антонина Александровна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: tn28@mail.ru

Органоминеральные смеси с асфальтобетонным гранулятом для устройства оснований дорожных одежд

Аннотация. Образование многотоннажных отходов сфрезерованного асфальтобетона при ремонте и реконструкции автомобильных дорог создает дополнительную нагрузку на окружающую среду. Поиск вариантов их использования позволяет не только решить экологические вопросы, но и в некоторой степени уменьшить стоимость выполняемых дорожно-строительных работ за счет снижения стоимости применяемых материалов. В статье предложен один из вариантов использования асфальтобетонного гранулята — в составе крупнозернистых органоминеральных смесей для устройства оснований автомобильных дорог. В качестве исходных материалов использованы щебень и дробленый песок стандартных фракций, асфальтогранулят, цемент и катионная битумная эмульсия. Исследованы составы органоминеральных смесей с различным содержанием битумной эмульсии, изучены различные режимы твердения, определен вариант, позволяющий получить требуемые физико-механические показатели композита в возрасте 7 суток. Установлено, что при указанном соотношении компонентов органоминеральной смеси не требуется устройство технологического перерыва продолжительностью 14 суток. Выявлена корреляция между показателями лабораторных образцов, твердеющих в моделируемых условиях, и образцов, отобранных из конструктивного слоя. Технология приготовления органоминеральной смеси не требует подогрева исходных материалов и не приводит к дополнительному выделению углекислого газа, что благоприятно сказывается на состоянии окружающей среды. Показано, что возможна укладка вышерасположенного слоя из горячей асфальтобетонной смеси непосредственно после укладки и уплотнения конструктивного слоя основания до начала схватывания цемента.

Ключевые слова: органоминеральная смесь; битумная эмульсия; цемент; асфальтобетонный гранулят

Введение

Ежегодно в Российской Федерации в процессе ремонта автомобильных дорог накапливается большой объем сфрезерованного асфальтобетона. Как правило, этот материал складывается непосредственно на участках проведения ремонтных работ, либо на производственных площадках за пределами объекта ремонта, создавая дополнительную нагрузку на окружающую среду. Однако, известно, что битум в таком асфальтобетоне возобновляем, а каменные материалы не исчерпали свою несущую способность, и существует возможность его повторного применения в виде асфальтогранулята [1; 2].

В настоящее время известно много способов повторного использования асфальтогранулята при строительстве и ремонте автомобильных дорог [3–14]. Одним из возможных путей применения асфальтогранулята является изготовление органоминеральных смесей (ОМС). ОМС представляют собой смеси гранулята, минеральных добавок и битумных вяжущих (эмульсий или вспененных битумов), возможно с введением минеральных вяжущих.

Область применения ОМС зависит от интенсивности воздействия расчетной нагрузки (N_p):

- при $N_p > 2000$ ед./сут — в качестве верхнего монолитного слоя основания под двухслойное асфальтобетонное покрытие размером 9-10 см;
- при $500 \leq N_p \leq 2000$ ед./сут — под однослойное покрытие из горячего асфальтобетона;
- при $N_p \leq 500$ ед./сут — в качестве покрытия с поверхностной обработкой.¹

Основными преимуществами технологии ОМС являются снижение расходов при строительстве и ремонте дорожных покрытий, рециклинг дорожно-строительных материалов, а также легкость внедрения за счет применения стандартного смесительного оборудования без необходимости его дополнительно модернизации на стадии изготовления смеси и использование традиционного комплекса дорожно-строительной техники ОМС при укладке.

Недостатком ОМС на комплексном вяжущем, состоящем из цемента и битумной эмульсии является увеличение сроков строительства и ремонта дорожной одежды из-за необходимости контроля физико-механических характеристик в возрасте 14 суток согласно ГОСТ 30941-2012.

Целью данного исследования являлся подбор оптимальных составов органоминеральных смесей для устройства верхнего слоя основания, обеспечивающих требуемые физико-механические характеристики, а также исследование кинетики набора прочности смеси при различных режимах твердения для выбора оптимального срока набора прочности конструктивного слоя дорожной одежды.

Материалы и методика

При приготовлении органоминеральной смеси был использован известняковый щебень фракций 16–31,5 и 4–16 мм ООО «Комбинат строительных материалов», г. Богданович Свердловской области, песок дробленый доломитовый месторождения «Чернореченское»

¹ ОДМ 218.6.1.005–2021. «Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог методом холодной регенерации».

Свердловской области, асфальтогранулят, цемент класса ЦЕМ I 42,5Б ООО «СЛК — Цемент» и битумная катионная эмульсия класса ЭБДК М.

Асфальтобетонный гранулят был получен в результате фрезерования верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона типа ЩМА 20 и состоял преимущественно из зерен размером от 2,5 до 20 мм. Содержание остаточного битума составило 2,8 %. Особенностью битума являлось то, что он имел повышенную вязкость, соответствующую марке БНД 40/70, что свидетельствует о процессах старения, произошедших в процессе эксплуатации исходного асфальтобетонного покрытия. Однако, данное обстоятельство не явилось препятствием для использования данного асфальтогранулята в составе органоминеральной смеси, так как в процессе ее приготовления вводилась битумная эмульсия и цемент.

Содержание вышеперечисленных компонентов оставалось постоянным во всех композициях, за исключением битумной эмульсии, содержание которой варьировалось в диапазоне от 3 до 5 масс. %. Рецептуры приготовленных органоминеральных смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы органоминеральных смесей

Материал	Содержание, %		
	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
Щебень фр. 16–31,5 мм	20		
Щебень фр. 4–16 мм	27		
Песок дробленый	28		
Асфальтогранулят	25		
Цемент	4,0		
Эмульсия	3,0	4,0	5,0
Вода	1,5		

Составлено авторами

Перед приготовлением смеси и изготовлением образцов оценивали совместимость битумной эмульсии с применяемыми минеральными материалами в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 70197.1-2022. Приготовление органоминеральных смесей производилось в лабораторном смесителе в следующей последовательности: предварительно взвешенные минеральные компоненты увлажняли, вводили битумную эмульсию, цемент, затем полученную смесь перемешивали до получения однородной массы. Из полученных смесей при помощи гидравлического пресса были изготовлены образцы стандартные цилиндрические образцы диаметром и высотой по 101,0 мм. На полученных образцах, согласно методикам, представленным в ГОСТ 30491-2012, определяли среднюю плотность, водонасыщение, предел прочности при сжатии при температурах 20 и 50°C, водостойкость, набухание. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

На оптимальном составе проводилось три серии исследования кинетики набора прочности при разных условиях твердения ОМС: твердение при нормальных условиях температура 20 ± 3°C, влажность 90–95 % (серия № 1); твердение непосредственно в составе конструктивного слоя дорожной одежды (серия № 2); твердение в условиях, моделирующих процесс твердения в конструкции дорожной одежды (серия № 3). С целью моделирования условий твердения в составе конструкции дорожной одежды в лаборатории на торцевые поверхности образцов наносили битумную эмульсию, образцы хранили обернутыми полиэтиленовой пленкой.

Для каждой серии образцов определяли среднюю плотность, водонасыщение в соответствии с требованиями ГОСТ 30491-2012, а также предел прочности при непрямом растяжении в соответствии с требованиями ГОСТ Р 70197.1-2022. Для испытаний образцы отбирались на сроках 3, 7 и 14 суток.

Результаты испытаний представлены в таблице 3. На следующем этапе исследовались зависимости динамики набора прочности на сжатие при температурах 20, 50°C (рис. 1, 2), а также динамики набора прочности при непрямом растяжении (рис. 3) в течение 14 суток.

Основная часть

Сопоставительный анализ физико-механических свойств исследуемых составов показывает, что наилучшими характеристиками обладает состав № 2, содержащий битумную эмульсию в количестве 4,0 масс. %.

Таблица 2

Физико-механические показатели свойств, исследуемых составов

№ п/п	Физико-механические показатели ОМС	Состав № 1	Состав № 2	Состав № 3
1	Средняя плотность, кг/м ³	2,30	2,31	2,31
2	Водонасыщение, %	4,1	3,6	3,5
3	Предел прочности при сжатии при 20°C, МПа	2,0	2,6	2,2
4	Предел прочности при сжатии при 50°C, МПа	1,1	1,5	1,3
5	Водостойкость	0,7	0,9	0,8
6	Набухание, %	1,1	0,8	0,9

Составлено авторами

Наиболее вероятной причиной является формирование плотной структуры органоминеральной смеси с минимальной межзерновой пустотностью и коагуляционно-кристаллизационной структурой комплексного вяжущего, которое придает полученному материалу повышенную прочность на сжатие во всем диапазоне исследуемых температур, а также повышенную водостойкость.

При этом прочность при сжатии при 20°C на 30 и 18 % соответственно выше относительно состава № 1 и № 3, а прочность при сжатии при 50°C на 36 и 15 % выше одноименных показателей для состава № 1 и № 3.

Таблица 3

Результаты испытаний образцов ОМС

№ серии	Возраст, сут	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение, %	Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при непрямом растяжении при 22°C, кПа
				при 20°C	при 50°C	
Стандартные образцы, твердеющие в нормальных условиях						
1	3	2,34	5,8	0,9	0,6	241
	7	2,33	6,5	1,6	1,2	310
	14	2,32	6,7	2,8	1,9	344
Образцы, отобранные из конструктивного слоя						
2	3	2,28	7,3	—	—	254
	7	2,29	7,2	1,5	1,1	318
	14	2,29	6,9	3,3	1,6	335
Образцы, твердеющие в условиях, идентичных твердению в конструкции						
3	3	2,35	5,5	1,2	0,9	248
	7	2,35	6,1	1,8	1,7	322
	14	2,34	5,8	3,4	2,1	367
Требования ГОСТ 30491-2012		Не норм.	Не более 10,0	Не менее 1,4	Не менее 0,5	Не норм.
Требования ГОСТ Р 70197.1-2022		Не норм.	Не норм.	Не норм.	Не норм.	Не менее 300

Составлено авторами

Анализ результатов эксплуатационных характеристик образцов ОМС в зависимости от условий твердения, представленных в таблице 3, свидетельствует, что вне зависимости от условий твердения исследуемый состав № 2 с содержанием эмульсии 4,0 масс. % набирает требуемую прочность уже на 7 сутки, что в технологии укладки органоминеральной смеси данного состава в конструкцию дорожной одежды дает конкурентное преимущество за счет уменьшения сроков производственных работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Также из данных таблицы 3 видно, что условия твердения образцов, изготовленных в лаборатории, твердеющих в нормальных условиях и в условиях, идентичных твердению в конструктивном слое коррелируют, что позволит в дальнейшем прогнозировать эксплуатационные характеристики составов в слое дорожной одежды, по лабораторным данным образцов в возрасте до 14 суток.

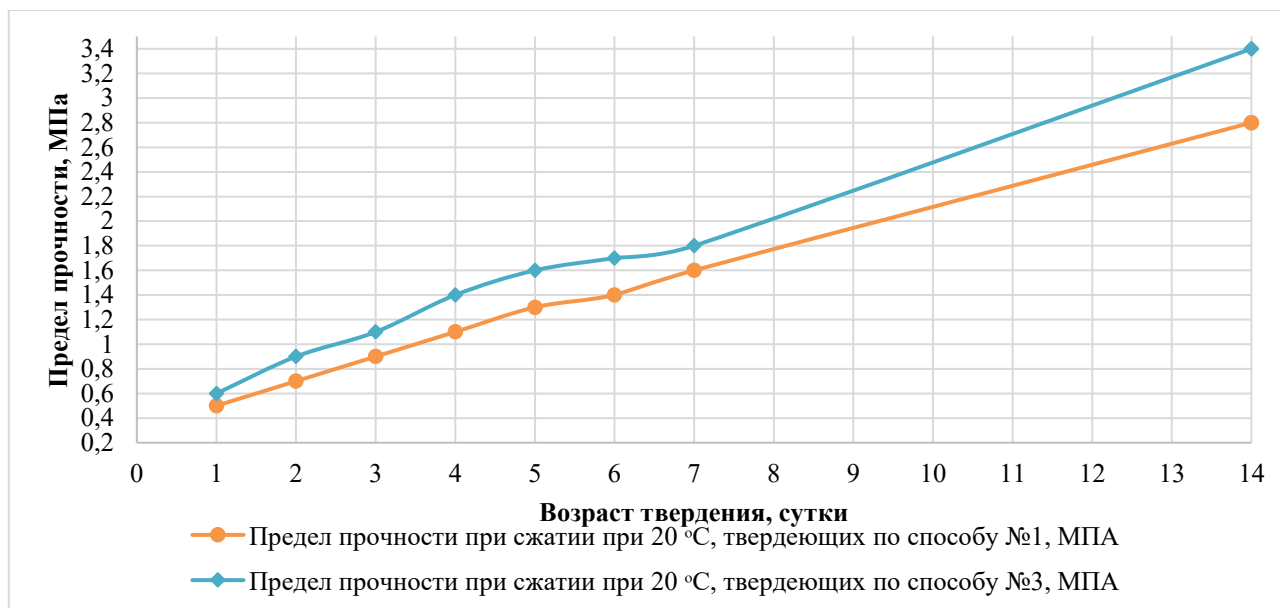


Рисунок 1. Динамика набора прочности при сжатии образцов ОМС при температуре 20°C, твердеющих по способу № 1 и № 3 (составлено авторами)

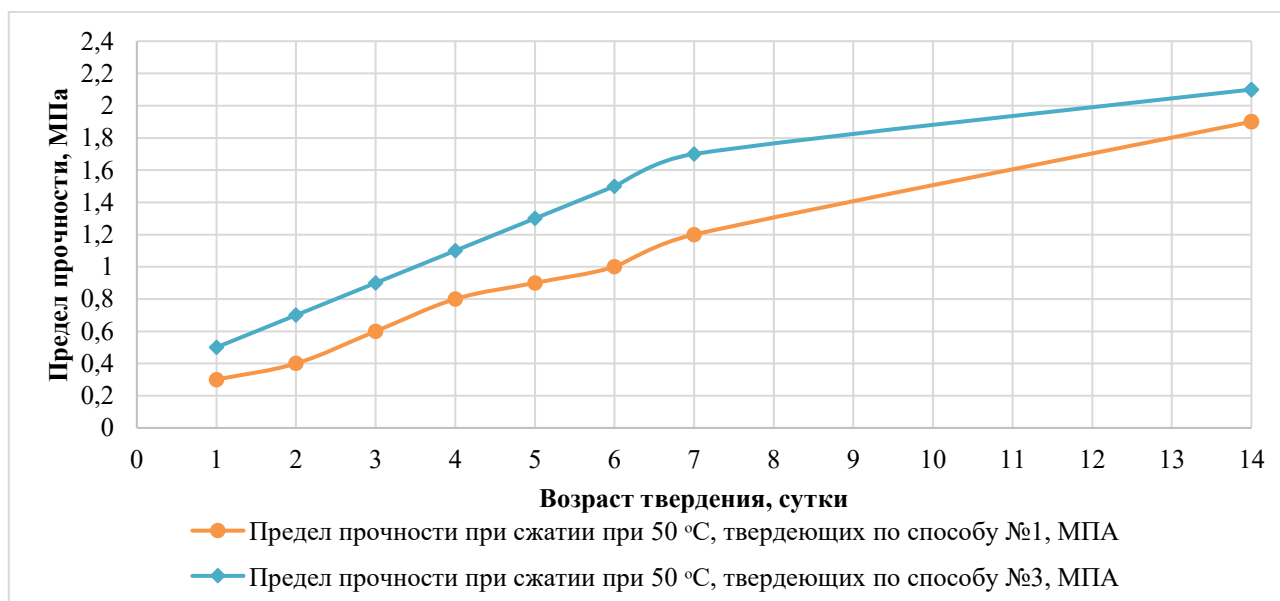


Рисунок 2. Динамика набора прочности при сжатии образцов ОМС при температуре 50°C, твердеющих по способу № 1 и № 3 (составлено авторами)

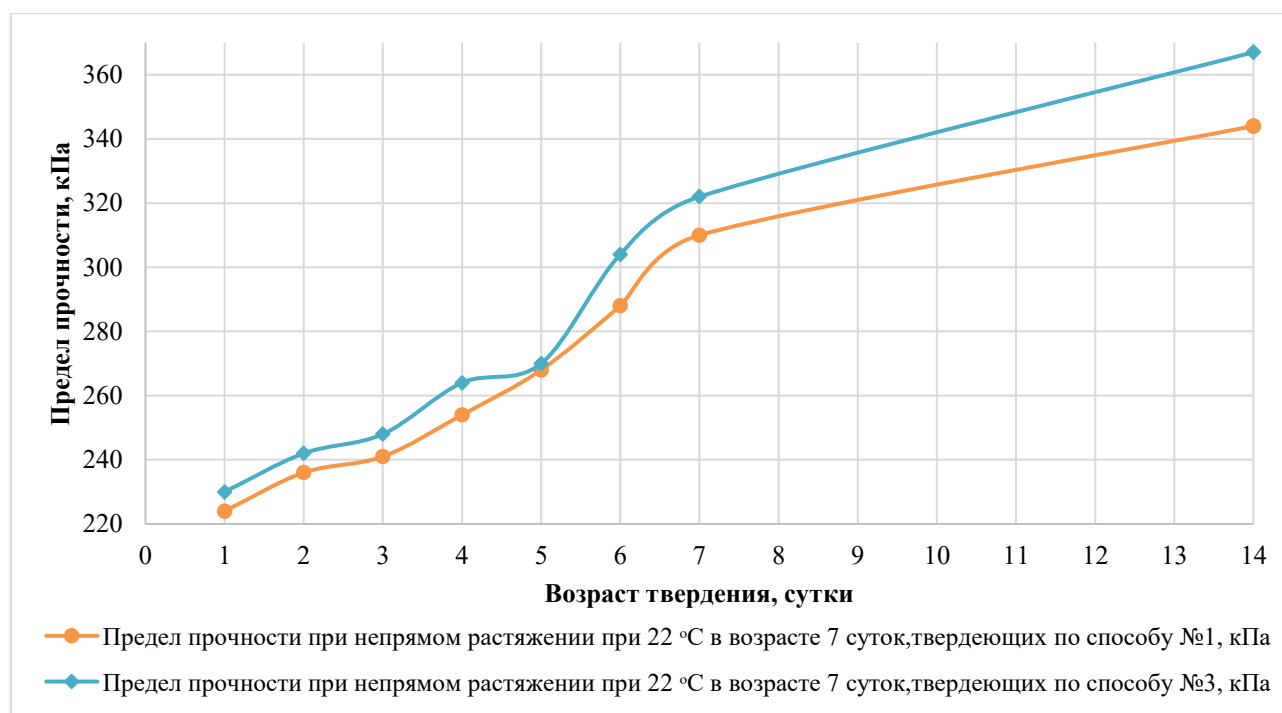


Рисунок 3. Динамика набора прочности при непрямом растяжении образцов ОМС при температуре 22°С, твердеющих по способу № 1 и № 3 (составлено авторами)

Динамика набора прочности стандартных образцов ОМС, изготовленных в лаборатории, твердеющих в нормальных условиях и в условиях, идентичных твердению в конструктивном слое, показана на рисунках 1–3.

Анализируя полученные зависимости, можно увидеть, что характер набора прочности образцов, твердеющих при разных условиях, идентичен. Отличие заключается в абсолютных значениях определяемых показателей, причём образцы, твердеющие по способу, приближенному к производственным условиям, показывают более высокие результаты, чем образцы, твердеющие в нормальных условиях. Вероятно, это объясняется тем, что при этом режиме твердения обеспечивается сохранение воды внутри материала и более эффективно происходит твердение композита.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что к возрасту 7 суток характеристики всех испытуемых образцов ОМС соответствуют требованиям, которые нормируются в возрасте 14 суток и, следовательно, в этом возрасте можно производить укладку вышележащего конструктивного слоя. Технология устройства основания из органоминеральной смеси допускает также укладку горячей асфальтобетонной смеси по свежееуложенному уплотненному слою основания из ОМС при условии, что разрыв по времени между этими операциями не превышает 4 часов.² При этом горячая асфальтобетонная смесь при охлаждении постепенно передает тепло нижележащему слою, что дополнительно ускоряет формирование структуры слоя основания из ОМС. Данный режим твердения и был смоделирован при твердении образцов 3 серии. Разработанный состав органоминеральной смеси был использован при устройстве верхнего слоя основания на федеральных и региональных автомобильных дорогах в Тюменской области в период с 2021 по 2025 г. По результатам мониторинга состояние покрытия соответствует нормативному, критические дефекты на покрытии отсутствуют.

² ОДМ 218.3.084-2020. Рекомендации по приготовлению и применению органоминеральных смесей при устройстве конструктивных слоев дорожных одежд капитального и облегченного типов.

Выводы

1. В результате сравнительного анализа физико-механических свойств установлено, что для устройства верхнего слоя основания наиболее оптимальной органоминеральной смесью (ОМС) является состав, который включает: щебень фр. 16–31,5 мм — 20 %; щебень фр. 4–16 мм — 27 %; песок дробленый — 28 %; асфальтогранулят — 25 %; битумная эмульсия — 4 %; цемент — 4 %; вода — 1,5 %.
2. Исследование кинетики твердения оптимального состава ОМС при различных условиях показало, что образцы уже на 7 сутки, соответствуют нормативным требованиям ГОСТ 30491-2012 и ГОСТ Р 70197.1-2022, что сокращает срок производственных работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог с применением данного состава в 2 раза независимо от условий твердения, в т. ч. и внутри слоя дорожной одежды.
3. Выявлена корреляция между показателями прочности образцов, твердеющих в лабораторных условиях и образцов, отобранных из конструкционного слоя, что позволяет прогнозировать свойства ОМС строящегося покрытия в возрасте до 14 суток.
4. Применение асфальтогранулята в составе органоминеральных смесей, подтверждает эффективность рециклинга дорожно-строительных материалов, обеспечивая снижение стоимости ремонта и строительства автомобильных дорог. Кроме того, технология приготовления органоминеральных смесей с асфальтогранулятом исключает подогрев каменных материалов и вяжущего, что позволяет снизить энергетические затраты на производство, упрощая производственный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров, С. А. Технологии переработки старого асфальтобетона / С. А. Гончаров, И. С. Украинский // Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. — 2024. — №1. — С. 76–79. EDN: MAYJGJ.
2. Хафизов, Э. Р. Исследование физико-механических показателей асфальтобетонной смеси ЦМА-11, приготовленной по технологии переработанного асфальтобетона / Э. Р. Хафизов, Ю. Д. Багаева // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. — 2024. — № 1. — С. 63–72. EDN: RERUAQ.
3. Абайдуллина, Т. Н. Органоминеральные смеси с использованием асфальтогранулята / Т. Н. Абайдуллина, Ю. Н. Шабанова, Л. С. Мухаметова, Д. А. Ястремский. — Текст: непосредственный // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: сб. мат. Междунар. науч.-практич. конф. — Тюмень, 2016. — С. 17–19. EDN: YMQKWF.
4. Паневин, М. Н. Органоминеральные смеси на основе асфальтогранулята для устройства покрытий и оснований автомобильных дорог / М. Н. Паневин, Ю. И. Калгин // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. — Вып. № 4. 2016. — С. 120–127. EDN: XCRHUZ.
5. Лесовик, В. С. Обоснование выбора асфальтогранулобетонных смесей типов М и К с позиции совместной работы слоев основания и покрытия дорожной одежды / В. С. Лесовик, В. П. Денисов, М. Д. Кабалин, М. А. Высоцкая // Известия КГАСУ, 2024, № 1(67), с. 51–62. EDN: HJQTES.

6. Шабанова, Ю. Н. Исследование влияния режимов твердения на свойства органоминеральных смесей с добавлением переработанного асфальтобетона / Ю. Н. Шабанова, Т. Н. Абайдуллина // Новые технологии — нефтегазовому региону: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 02–04 июня 2021 года. Том II. — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. — С. 103–105. EDN:GNTECA.
7. Братчун, В. И. Анализ асфальтогранулята, используемого в составе асфальтобетонной смеси // В. И. Братчун, К. Р. Губа, Е. А. Ромасюк, О. А. Пшеничных, И. А. Добренков и др. / Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. — № 1. — 2025. — С. 37–44. DOI: 10.71536/vd.2025.1c171.5.
8. Шеховцев, Д. Г. Коррозионная стойкость асфальтогранулобетона / Д. Г. Шеховцев, М. Д. Кабалин, М. А. Высоцкая // Вестник ГГНТУ. Технические науки. — 2024. — Том XXI, № 1(39). — С. 86–94. EDN:ХНЗХVХ.
9. Губа, В. В. Асфальтный гранулят — качественное использование в составе асфальтобетонной смеси / В. В. Губа, К. Р. Губа, Л. Н. Третьякова // Вести Автомобильно-дорожного института. — 2025. — № 1(52). — С. 23–29. EDN: WOWMML.
10. Степаненко, М. А. Анализ свойств асфальтового гранулята как сырья для получения органоминеральных композитов / М. А. Степаненко, И. Ю. Маркова, Н. О. Лукьяненко, В. В. Строкова, Л. Н. Боцман // Строительные материалы. — 2024. — № 7. — С. 65–70. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-826-7-65-70>.
11. Маркова, И. Ю. Анализ свойств и оценка эффективности использования органоминерального композита на основе вторичного и техногенного сырья для устройства конструкций автомобильных дорог / И. Ю. Маркова, В. В. Строкова, М. А. Степаненко, С. А. Гнездилова, Л. Н. Боцман // Строительные материалы. — 2025. — № 12. — С. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2025-842-12-57-64>.
12. М. М. Аль-Карагули и др. Приготовление асфальтогранулобетонных смесей в смесительных установках / М. М. Аль-Карагули, А. П. Лупанов, В. В. Силкин [и др.] // Транспортное строительство. — 2024. — № 4. — С. 6–10.
13. Каюмов, А. К. Основания дорожных одежд из вторичных материалов / А. К. Каюмов, С. И. Зиневич, Я. Н. Ковалев // Наука и техника. — 2022. — Т. 21, № 6. — С. 504–510. — DOI 10.21122/2227-1031-2022-21-6-504-510.
14. Зарапина Л. С., Андрианов К. А., Зубков А. Ф. Влияние свойств материала, получаемого при холодном фрезеровании покрытий нежесткого типа, на деформацию слоя при устройстве дорожной одежды // Научный журнал строительства и архитектуры. — 2022. — № 1. — С. 85–95. EDN:QDFSPU.
15. Новицкий, Е. В. Разработка дорожно-строительных материалов на основе укрепленных цементом песчаных и супесчаных грунтов с добавлением асфальтогранулята / Е. В. Новицкий, С. В. Пермяков, Л. Ф. Мавлиев // Автомобильные дороги и транспортная инфраструктура. — 2023. — № 4(4). — С. 37–44. EDN:SRGAJA. URL <https://elibrary.ru/srgaja?ysclid=mszfwft64227206751> (дата обращения 19.08.2026).
16. Improved mix design, evaluation, and materials management practices for hot mix asphalt with high reclaimed asphalt pavement content / J.R. Willis, M. Marasteanu // National cooperative highway research — 2013. — Article № 22554. URL <https://www.nationalacademies.org/read/22554/chapter/1> (дата обращения 19.08.2026).

17. Sustainability promotion through asphalt pavements: A review of existing tools and innovations / A. Hasheminezhad, H. Ceylan, S. Kim // Sustainable materials and technologies. — 2024. — Vol. 42. — Article № 01162.

Abaidullina Tatiana Nikolaevna

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
E-mail: tn28@mail.ru

Reshetova Antonina Alexandrovna

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
E-mail: tn28@mail.ru

Organomineral mixtures with asphalt concrete granulate for the construction of road pavement bases

Abstract. The formation of large quantities of milled asphalt concrete waste during the repair and reconstruction of roads creates an additional environmental burden. Finding ways to use this waste not only addresses environmental issues but also helps to reduce the cost of road construction projects by lowering the cost of materials used. In the article it is suggested one of the options for using asphalt-concrete granulate as part of coarse-grained organomineral mixtures for road foundations. The main materials such as crushed stone and crushed sand of standard fractions, asphalt granulate, cement and cationic bitumen emulsion were used in the mixture. It has been studied the compositions of organomineral mixtures with different bitumen emulsion contents, various hardening modes and a mixture that allows obtaining the required physical and mechanical properties of the composite at the age of 7 days. It has been established that the specified ratio of components in the organomineral mixture does not require a 14-day technological break. A correlation has been identified between the performance of laboratory samples that harden under simulated conditions and samples taken from the structural layer. The organomineral mixture preparation technology does not require heating of the raw materials and does not result in additional carbon dioxide emission which is beneficial for the environment. It has been proved that it is possible to lay the upper layer of hot asphalt concrete mixture immediately after laying and compacting the structural layer of the base before the cement begins to set.

Keywords: organomineral mixture; bitumen emulsion; cement; asphalt concrete granulate