

**Ельчищева Татьяна Федоровна**

кандидат технических наук,

Тамбовский государственный технический университет,  
г. Тамбов, Россия, [elschevat@mail.ru](mailto:elschevat@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0241-3808

## ПРИМЕНЕНИЕ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Аннотация.** Проведено исследование по применению кремнистой породы – опоки в дорожном строительстве. Целью научно-исследовательской работы является разработка технологии производства строительных материалов – опоки и термолита для дорожного строительства. Задачами данной работы являются изучение способов применения опоки в дорожном строительстве и перспективной возможностью использования термолита для изготовления асфальтобетонной смеси для определенных категорий автомобильных дорог. Опока изучалась как самостоятельный материал для получения строительных материалов и как сырье для изготовления термолита, используемого в качестве заполнителя при изготовлении асфальтобетона. Разработана технология получения термолита, на основе проведенных исследований были определены его физико-механические свойства. Термолит был изготовлен в лабораторных условиях путем высокотемпературного обжига опоки при температуре 1150°C. Актуальна разработка технологии производства асфальтобетонной смеси на основе термолита для строительства дорог, особенно в тех районах, где отсутствуют месторождения твердых горных пород, используемых для производства щебня. Исследования подтверждают, что использование термолита в составе асфальтобетонной смеси дает отличающиеся преимуществом показатели по сравнению с существующими аналогами составов асфальтобетонной смеси для строительства дорожного полотна автомобильных дорог.

**Ключевые слова:** кремнистые породы, опока, термолит, асфальтобетон, дорожное полотно, основание дороги.

**Ельчищева Татьяна Федоровна**

техника ғылымдарының кандидаты,

Тамбов мемлекеттік техникалық университеті,  
Тамбов, Ресей, [elschevat@mail.ru](mailto:elschevat@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0241-3808

## КРЕМНИЙЛІ ЖЫНЫСТАРДЫ ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ҚОЛДАНУ

**Аңдатпа.** Кремнийлі жынысты, опоканы жол құрылысында пайдалану бойынша зерттеу жүргізілді. Бұл зерттеудің мақсаты – жол құрылысына арналған құрылыс материалдарын — опок және термолит өндіру технологиясын әзірлеу. Бұл зерттеудің мақсаты жол құрылысында опоканы қолдану әдістерін және жолдардың жекелеген санаттары үшін асфальтбетон қоспаларын өндіруде термолиттің ықтимал қолданылуын зерттеу болып табылады. Опока құрылыс материалдарын өндіруге арналған дербес материал ретінде және асфальтбетон өндірісінде толтырғыш ретінде қолданылатын термолит алу үшін шикізат ретінде зерттелді. Жүргізілген зерттеулер негізінде термолит алу технологиясы жасалып, оның физикалық-механикалық қасиеттері анықталды.

Термолит зертханалық жағдайда опоканы 1150°C жоғары температурада күйдіру арқылы алынды. Жол құрылысына арналған термолит негізінде асфальтбетон қоспаларын өндіру технологиясын әзірлеу, әсіресе қиыршық тас өндіру үшін пайдаланылатын қатты тау жыныстарының кен орындары жоқ аудандарда өзекті болып табылады. Зерттеулер асфальтбетон қоспаларында термолитті пайдалану жол құрылысына арналған қолданыстағы асфальтбетон қоспаларымен салыстырғанда жоғары өнімділікті қамтамасыз ететінін растайды.

**Кілт сөздер.** кертпе жыныстар, опока, термолит, асфальтбетон, жол төсемі, жол негізі.

**Elchishcheva Tatiana Fedorovna**

candidate of technical sciences,

Tambov State Technical University,

Tambov, Russia, [elschevat@mail.ru](mailto:elschevat@mail.ru), ORCID ID: 0000-0002-0241-3808

## APPLICATION OF SILICEOUS ROCKS IN ROAD CONSTRUCTION

**Abstract.** A study was conducted on the use of siliceous rock, opoka, in road construction. The aim of this research is to develop a technology for producing building materials—opoka and thermolite—for road construction. The objectives of this study are to explore methods for using opoka in road construction and the potential use of thermolite in the production of asphalt concrete mixtures for certain categories of roads. Opoka was studied as a standalone material for producing building materials and as a raw material for the production of thermolite, which is used as an aggregate in the production of asphalt concrete. A technology for producing thermolite was developed, and its physical and mechanical properties were determined based on the research conducted. The thermolite was produced in laboratory conditions by high-temperature firing of opoka at 1150°C. The development of a technology for producing asphalt concrete mixtures based on thermolite for road construction is relevant, especially in areas lacking deposits of hard rock used for crushed stone production. Research confirms that the use of thermolite in asphalt concrete mixtures provides superior performance compared to existing asphalt concrete mixtures for road construction.

**Keywords:** chert rocks, opoka, thermolite, asphalt concrete, road surface, road base.

**Введение.** Задачами исследования по использованию опоки и продукта из опоки – термолита, полученного высокотемпературным обжигом, являются анализ возможности применения опоки строительными организациями в дорожном строительстве в виде сырья, используя данные современного строительства, заключающего в определении основных параметров и характеристик, свойств опоки положительно отличающихся от других материалов, используемых для строительства оснований дорог, так и применение продукта из опоки – термолита – для устройства дорожного полотна с определением физико-механических свойств асфальтобетона и определением категории дорог, для строительства которых эти материалы будут применяться в будущем.

Кремнистые породы состоят из минералов группы оксидов кремния, опала – аморфного кремнезема. Опока является одной из разновидностей кремнистых пород [1]. Опока состоит из микрозернистого опала, который, в свою очередь, является продуктом растворения и переотложения кремнистого вещества, прилипшего к скелетам диатомей.

Диатомеи или диатомовые водоросли – это группа водорослей, отличающихся наличием у клеток «панциря» из диоксида кремния) [2].

Крупным месторождением опоки в Западно-Казахстанской области Республики Казахстан является Шиповское месторождение, которое расположено в районе станции Шипово [3]. Месторождение находится в Прикаспийской впадине и располагается горизонтально в виде пластов палеоценового возраста [4]. Запасы опоки составляют по категориям А+В+С около 21619 тыс. м<sup>3</sup> [5].

В настоящее время опока в виде сырья используется для строительства грунтовых дорог.

Продукт, полученный из опоки путем высокотемпературного обжига при температуре 1150–1200°С, используется в производстве строительных материалов и изделий из легких бетонов [6, 7]. Это термолит [8, 9], который применяется в качестве мелкого и крупного заполнителя [10].

Отличием опоки от глины, которую используют для строительства грунтовых автомобильных дорог, является то, что глина становится пластичной при увлажнении водой, а опока обладает дренажными свойствами и, вследствие своей пористости, пропускает влагу, не накапливая ее на поверхности. Опока менее пластична, а также обладает меньшей липкостью, чем глина, что позволяет в весенний и осенний периоды осуществлять передвижение автотранспортных средств по дорогам, для покрытия которых выбрана опока, практически без затруднений. В тех районах, особенно между небольшими населенными пунктами, где автомобильные дороги с твердым покрытием отсутствуют, использование опоки имеет широкое применение.

Участок автомобильной дороги общего пользования республиканского значения второй категории г. Уральск (Республика Казахстан) – р.п. Озинки (Саратовская область, Российская Федерация) в районе станции Шипово был реконструирован в 2018 г. с использованием опоки. Опока использовалась для подъема (увеличения высоты) насыпи основания дороги при расширении дорожного полотна с 6 до 9 м и в качестве отсыпки для откосов.

При реконструкции выполнялось требование прямолинейности продольного профиля дороги (ранее он был волнообразным). Крутые спуски и подъемы на холмистой местности были выровнены, на таких участках досыпали опоку на высоту в среднем до 5–7 м от прежнего уровня. На некоторых участках поднятие насыпи составило примерно 12–15 м, что способствовало выравниванию дороги и предотвращению наблюдающихся ранее аварий большегрузных автомобилей в зимний период, особенно во время гололедицы.

Опока здесь использовалась в качестве основания дорожного полотна и устройства насыпи дороги с асфальтобетонным покрытием. При ширине проезжей части 9 м нагрузка на ось автомобиля составляла 13 т при расчетной интенсивности движения 4403 автомобиля в сутки. В результате шестилетней эксплуатации дороги на этом участке с водопропускными трубами повреждений в виде сетки трещин, просадки, сдвига не наблюдалось.

Также следует отметить, что участок, где использовалась опока, заболочен с выходом на поверхность стоячих грунтовых вод, что создавало худшие условия для эксплуатации, в отличие от участков дороги с основанием из глины. На всех участках дороги, где при реконструкции производилась замена старых водопропускных труб на новые, для устройства основания использовалась опока.

По сравнению с другими участками дороги на участках с опокой не использовался геотекстиль.

Геотекстиль, согласно ГОСТ 32804-2014 «Материалы геосинтетические для фундаментов, опор и земляных работ», следует применять в основании дорожного покрытия для его защиты от разрушительных процессов и предотвращения выпучивания и разрушение грунта [9, 10].

Геотекстиль повышает устойчивость дорожного покрытия, способствует укреплению и равномерному распределению нагрузки, защищает основание дороги от вымывания и размыва, улучшает дренажные свойства дорожного полотна, сохраняет его целостность и стабильность [11]. Геотекстиль укладывают первым слоем, отделяющим всю дорожную систему от грунта, а также укладывают в качестве разделительного слоя между песком и щебнем.

На других участках автомобильной дороги, где основанием дорожного покрытия являлась глина, геотекстиль применялся. Однако на таких участках практически во всех местах строительства водопропускных труб наблюдалась просадка дорожного полотна, что и потребовало проведения ремонтных работ.

Такие повреждения дорожного покрытия влекут за собой снижение скоростного режима. Резкое торможение транспортных средств приводит к уменьшению дистанции между ними, вызывая аварийные ситуации, особенно вовремя гололеда. Перепад слоя дорожного полотна даже после ремонта остается и со временем из-за просадки основания дороги может увеличиваться, что влечет уменьшение межремонтных сроков и частый ремонт полотна дороги.

Ремонт дороги республиканского значения, даже небольшого участка, создает ограниченность движения. При этом увеличиваются затраты, вызванные такими повреждениями, на техническое содержание дорог у дорожных организаций [12, 13].

Исходя из выше перечисленного установлено, что физико-механические свойства опоки соответствуют требованиям нормативных документов для строительства оснований для всех категорий автомобильных дорог, особенно при проектировании дорог в условиях водонасыщенных грунтов [14, 15, 16, 17].

**Материалы и методы исследований.** Изучение свойств опоки в лабораторных условиях проводилось в соответствии с ГОСТ 22263-76 «Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия». Физико-механические исследования опоки проводились в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

Для изучения физико-механических свойств опоки были отобраны образцы фракции менее 40 мм.

Результаты ситового анализа опоки. Содержание фракций с размерами до 40 мм составило: фракция 20 – 40 мм – от 29,9 до 31,1%, фракция 10 – 20 мм – от 15,2 до 15,4 %, фракция 5 – 10 мм – от 3,8 до 4,2 %, фракция до 5 мм – 1,9 – 2,1%. В результате проведенных исследований установлено, что опока, согласно ГОСТ 9169-75, относится к группе малопластичных материалов с числом пластичности 5.

Дальнейшее изучение физико-механических свойств опоки проводилось для фракций 5 – 10, 10 – 20 и 20 – 40 мм.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты лабораторных исследований по определению физико-механических свойств опоки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические свойства опоки

Размер фракций, мм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/м×К
5 – 10	635 – 640	27 – 28	3,4 – 3,5	0,11 – 0,12
10 – 20	620 – 625	26 – 27	3,8 – 3,9	0,08 – 0,09
20 – 40	585 – 590	25 – 26	4,0 – 4,1	0,06 – 0,07

Наибольшая насыпная плотность, составляющая 635 – 640 кг/м<sup>3</sup>, характерна для фракции 5 – 10 мм. Все исследуемые фракции опоки имеют водопоглощение 25 – 28 %, прочность выше у фракции 20 – 40 мм, она составляет 4,0 – 4,1 МПа. Самая низкая теплопроводность у фракции 20 – 40 мм, она составляет 0,06 – 0,07 Вт/м ×К.

Прочность образцов определялась с помощью пресса ПГМ-50МГ4, а теплопроводность сухого материала – прибором ИТП-МГ-4 «ЗОНД» по ГОСТ 30256-94 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом».

При ремонте дороги для устройства покрытия изготавливался асфальтобетон, где в качестве легкого заполнителя использовался термолит, полученный из опоки путем высокотемпературного обжига в соответствии с требованиями ГОСТ 56507-2015 «Заполнители термолитовые на основе кремнистого сырья. Технические условия».

Свойства термолита определялись согласно ГОСТ 9758-2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний».

Для изготовления термолита для лабораторных исследований использовалась муфельная лабораторная электропечь SNOL 6,7/1300. Обжиг опоки фракций 5 – 10 мм, 10–20 мм и 20–40 мм производился при температуре 1150°C.

Результаты проведенных испытаний по определению физико-механических свойств термолита приведены в таблице 2. Установлено, что термолит обладает хорошими показателями прочности – М1000 при насыпной плотности 950 кг/м<sup>3</sup>, истираемости – марка И1, теплопроводности – 0,12 Вт/м×К, низким содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм – 0,24%, пылевидных и глинистых частиц – 0,2%, зерен слабых пород – 3,1% и удельной эффективной активностью ЕРН – 28 Бк/кг.

Таблица 2 – Результаты физико-механических испытаний термолита

№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	950
2	Марка по дробимости	не ниже М1000
3	Удельная эффективная активность ЕРН, Бк/кг	28
4	Марка по морозостойкости	не ниже F25
5	Марка по истираемости	не ниже И1
6	Теплопроводность, Вт/м×К	0,12
7	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, %	0,24
8	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	0,2
9	Содержание зерен слабых пород, %	3,1

**Закключение.** В результате проведенного исследования были определены физико-механические свойства опоки и термолита, которые подтверждают перспективность

применения их в дорожном строительстве, как строительных материалов для устройства конструктивных слоев дорожных одежд, соответствующих требованиям действующих нормативных документов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Здорик, Т. Б. Минералы и горные породы СССР [Текст] / Т. Б. Здорик, Л. Г. Фельдман, И. Н. Тимофеев, В. В. Матиас. – М. : Мысль. – 1970. – 488 с.
2. Камалов, С. М. География размещения месторождений природных ископаемых Уральской области и их народнохозяйственное значение [Текст] / С. М. Камалов, К. А. Ли. – Уральск: Диалог. – 1992. – 156 с.
3. Смирнов, П. В. Диатомиты и опоки месторождений Западного Казахстана: литология, структурно-текстурные параметры, потенциал использования [Текст] / П. В. Смирнов, Б. Е. Жакипбаев, Д. А. Староселец и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334, № 7. – С. 187-201. DOI: 10.18799/24131830/2023/7/4046.
4. Баранова, М. Н. История освоения кремнистых пород [Текст] / М.Н. Баранова, С.Ф. Коренькова, Н.Г. Чумаченко // Строительные материалы. – 2011. – № 8. – С. 1–4.
5. Падалкин, Н. В. Модифицированные сорбенты на основе опоки для очистки вод [Текст] / Н. В. Падалкин, П. Н. Евшин // Труды Кольского научного центра РАН. – 2019. – Т. 10, № 1-3. – С. 262–269. – DOI 10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.1.262-269.
6. Петров, В. П. Технология и материаловедение пористых заполнителей и легких бетонов. [Текст] / В.П. Петров, Н.И. Макридин, Ю.А. Соколова, В.И. Ярмаковский. – М.: Палеотип. - 2013. – 332 с.
7. Петров, В.П. Пористые заполнители и легкие бетоны. Материаловедение. Технология производства [Текст] / В. П. Петров, Н. И. Макридин, В. Н. Ярмаковский. – Самара: Самарский ГАСУ. – 2009. – 436 с.
8. Тяпкин, В. А. Получение термолита из опочного гравия и бетона на его основе (Часть 1) [Текст] / В. А. Тяпкин, В. И. Калашников, И. В. Ерофеева // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4 (48) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51697> (дата обращения 30.12.2024).
9. Шитова, Т. И. Нетканый геотекстиль для дорожного строительства [Текст] / Т. И. Шитова // Сборник научных трудов по итогам Международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения профессора В. Е. Зотикова, Москва, 25 мая 2022 года. Часть 3. – М.: ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)». – 2022. – С. 142–147.
10. Пичугин, Д. А. Геотекстильные материалы в дорожном строительстве [Текст] / Д. А. Пичугин // Фундаментальные и прикладные научные исследования в современном мире : Сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 09 июня 2023 года. Часть 3. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки». – 2023. – С. 48–53.
11. Комбаров, В. А. Применение геосинтетических материалов в дорожном строительстве [Текст] / В. А. Комбаров, П. Д. Обухов, Ж. П. Чербаева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: Материалы X-й Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета, Тамбов, 13–14 июня 2024 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет. – 2024. – С. 60–64.

12. Бартош, С. А. Дорожное строительство: проблемы строительства и пути их решения [Текст] / С. А. Бартош // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности : Сборник материалов XXIV Международной научно-практической конференции, Москва, 28 февраля 2024 года. – М., 2024. – С. 208–210.

13. Стородубцева, Т. Н. Актуальность проблемы строительства дорожных покрытий, износа и повреждений верхнего слоя дорожной одежды [Текст] / Т. Н. Стородубцева, О. И. Шакирова, А. В. Болгов // Science and technology innovations – 2023: Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, Петрозаводск, 28 июня 2023 года. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И. И.). – 2023. – С. 119–124.

14. Русских, К. Ю. Современные технологии в дорожном строительстве [Текст] / К. Ю. Русских, С. А. Ульрих, Д. Ю. Каширский // Организация и безопасность дорожного движения : Материалы XIV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 13 мая 2021 года. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет. – 2021. – С. 50–55.

15. Ремнев, В. В. Применение новых технологий и материалов в дорожном и аэродромном строительстве [Текст] / В. В. Ремнев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2020. – № 5-6(256–257). – С. 47–55.

16. Филатова, А. В. Инновационные методы дорожного строительства [Текст] / А. В. Филатова, Н. А. Коробов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: Сборник статей 79-й всероссийской научно-технической конференции, Самара, 18 – 22 апреля 2022 года / Под редакцией М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. – Самара: Самарский государственный технический университет. – 2022. – С. 281–289.

17. Щербаков, Б. П. Инновационные технологии в дорожном строительстве и ремонте [Текст] / Б. П. Щербаков, А. А. Стачук // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А. В. Хрулева. – 2021. – №2(26). – С. 133–139.

## REFERENCES

1. Zdorik, T. B. Mineraly i gornye porody SSSR [Minerals and rocks of the USSR] / T. B. Zdorik, L. G. Fel'dman, I. N. Timofeev, V. V. Matias. - Moskva : Mysl'. - 1970. - (In Rus) - 488 s.

2. Kamalov, S. M. Geografiya razmeshcheniya mestorozhdenij prirodnyh iskopaemyh Ural'skoj oblasti i ih narodnohozyajstvennoe znachenie [The geography of the deposits of natural resources of the Ural region and their national economic importance] / S. M. Kamalov, K. A. Li. – Ural'sk: Dialog, 1992. - (In Rus) – 156 s.

3. Smirnov, P. V. Diatomity i opoki mestorozhdenij Zapadnogo Kazahstana: litologiya, strukturno-teksturnye parametry, potencial ispol'zovaniya [Diatomites and flanks of deposits in Western Kazakhstan: lithology, structural and textural parameters, potential use] / P. V. Smirnov, B. E. Zhakipbaev, D. A. Staroselec i dr. // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo uni-versiteta. Inzhiniring georesursov. - 2023. T. 334, № 7. - (In Rus) - S. 187-201. DOI: 10.18799/24131830/2023/7/4046.

4. Baranova, M. N. Istoriya osvoeniya kremnistyh porod [The history of the development of siliceous rocks] / M.N. Baranova, S.F. Koren'kova, N.G. Chumachenko // Stroitel'nye materialy. - 2011. - № 8. - (In Rus) - S. 1-4.

5. Padalkin, N. V. Modificirovannye sorbenty na osnove opoki dlya ochistki vod. [Modified flask-based sorbents for water purification] / N. V. Padalkin, P. N. Evshin // Trudy

Kol'skogo nauchnogo centra RAN. – 2019. – Т. 10, № 1-3. - (In Rus) – S. 262-269. – DOI 10.25702/KSC.2307-5252.2019.10.1.262-269.

6. Petrov, V. P. Tekhnologiya i materialovedenie poristyh zapolnitelej i legkih beto-nov [Technology and materials science of porous aggregates and lightweight concretes] / V. P. Petrov, N. I. Makridin, Yu. A. Sokolova, V. N. Yarmakovskij. – M.: Paleotip. - 2013. - (In Rus) – 332 s.

7. Petrov, V. P. Poristye zapolniteli i legkie betony. Materialovedenie. Tekhnologiya proizvodstva [Porous aggregates and lightweight concretes. Materials science. Production technology] / V. P. Petrov, N. I. Makridin, V. N. Yarmakovskij. – Samara: Samarskij GASU, 2009. - (In Rus). – 436 s.

8. Tyapkin, V. A. Poluchenie termolita iz opochnogo graviya i betona na ego osnove (Chast' 1) [Production of thermolith from support gravel and concrete based on it (Part 1)] / V. A. Tyapkin, V. I. Kalashnikov, I. V. Erofeeva // Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. – 2015. – № 4 (48). - (In Rus) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://web.snauka.ru/issues/2015/04/51697> (data obrashcheniya 30.12.2024).

9. Shitova, T. I. Netkanyj geotekstil' dlya dorozhnogo stroitel'stva [Non-woven geotextile for road construction] / T. I. Shitova // Sbornik nauchnyh trudov po itogam Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvyashchennoj 135-letiyu so dnya rozhdeniya professora V. E. Zotikova, Moskva, 25 maya 2022 goda. Chast' 3. – M.: FGBOU VO «Rossijskij gosudarstvennyj universitet imeni A. N. Kosygina (Tekhnologii. Dizajn. Iskusstvo)». - 2022. - (In Rus) – S. 142–147.

10. Pichugin, D. A. Geotekstil'nye materialy v dorozhnom stroitel'stve [Geotextile materials in road construction] / D. A. Pichugin // Fundamental'nye i prikladnye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire : Sbornik nauchnyh statej po materialam II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Ufa, 09 iyunya 2023 goda. Chast' 3. – Ufa: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Nauchno-izdatel'skij centr «Vestnik nauki». - 2023. - (In Rus) – S. 48–53.

11. Kombarov, V. A. Primenenie geosinteticheskikh materialov v dorozhnom stroitel'stve [Application of geosynthetic materials in road construction] / V. A. Kombarov, P. D. Obuhov, Zh. P. Cherbaeva // Ustojchivoe razvitie regiona: arhitektura, stroitel'stvo, transport: Materialy X-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 45-letiyu Instituta arhitektury, stroitel'stva i transporta Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Tambov, 13–14 iyunya 2024 goda. – Tambov: Tambovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. - 2024. - (In Rus) – S. 60–64.

12. Bartosh, S. A. Dorozhnoe stroitel'stvo: problemy stroitel'stva i puti ih resheniya [Tekst] / S. A. Bartosh // Vyzovy sovremennosti i strategii razvitiya obshchestva v usloviyah novoj real'nosti: Sbornik materialov XXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Moskva, 28 fevralya 2024 goda. – Moskva, 2024. - (In Rus) – S. 208–210.

13. Storodubceva, T. N. Aktual'nost' problemy stroitel'stva dorozhnyh pokrytij, iznosa i povrezhdenij verhnego sloya dorozhnoj odezhdy [The relevance of the problem of road surface construction, wear and damage to the upper layer of road clothing] / T. N. Storodubceva, O. I. Shakirova, A. V. Bolgov // Science and technology innovations – 2023 : Sbornik statej Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa, Petrozavodsk, 28 iyunya 2023 goda. – Petrozavodsk: Mezhdunarodnyj centr nauchnogo partnerstva «Novaya Nauka» (IP Ivanovskaya I.I.). - 2023. - (In Rus) – S. 119–124.

14. Russkih, K. Yu. Sovremennye tekhnologii v dorozhnom stroitel'stve [Modern technologies in road construction] / K. Yu. Russkih, S. A. Ul'rih, D. Yu. Kashirskij // Organizaciya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: materialy HIV Nacional'noj nauchno-

---

prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Tyumen', 13 maya 2021 goda. – Tyumen': Tyumenskij industrial'nyj universitet. - 2021. - (In Rus) – S. 50–55.

15. Remnev, V. V. Primenenie novyh tekhnologij i materialov v dorozhnom i aerodromnom stroitel'stve [Application of new technologies and materials in road and airfield construction] / V. V. Remnev // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. – 2020. – № 5-6(256–257). - (In Rus) – S. 47–55.

16. Filatova, A. V. Innovacionnye metody dorozhnogo stroitel'stva [Innovative methods of road construction] / A. V. Filatova, N. A. Korobov // Tradicii i innovacii v stroitel'stve i arhitekture. Stroitel'stvo i stroitel'nye tekhnologii: Sbornik statej 79-j vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Samara, 18 – 22 aprelya 2022 goda / Pod redakciej M. V. Shuvalova, A. A. Pishchuleva, A. K. Strelkova. – Samara: Samarskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet. - 2022. - (In Rus) – S. 281–289.

17. Shcherbakov, B. P. Innovacionnye tekhnologii v dorozhnom stroitel'stve i remonte. [Innovative technologies in road construction and repair] / B. P. Shcherbakov, A. A. Stachuk // Vestnik Voennoj akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya im. generala armii A. V. Hruleva. – 2021. – № 2(26). - (In Rus) – S. 133–139.