

УДК 625.7.03:338.47

DOI: 10.34670/AR.2026.44.79.029

Развитие сырьевого сектора дорожного строительства на примере США, Канады и России

Шестов Андрей Владимирович

Кандидат экономических наук, доктор технических наук, профессор,
кафедра экономики дорожного хозяйства,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет,
125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 64;
e-mail: av2018@mail.ru

Дорджиева Байрта Юрьевна

Студент,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет,
125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 64;
e-mail: bairtadordzieva561@gmail.com

Комзалов Владимир Игоревич

Аспирант,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет
125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 64;
e-mail: v.komzalov@inno.mgimo.ru

Короткова Юлия Александровна

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой логистики,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет,
125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 64;
e-mail: yuliya_korotkova_1985@mail.ru

Комкова Дарья Андреевна

Кандидат технических наук, доцент,
кафедра логистики,
Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет,
125319, Российская Федерация, Москва, Ленинградский просп., 64;
e-mail: da.komkova@yandex.ru

Аннотация

В статье проведён сравнительный анализ эволюции сырьевой базы дорожного строительства в трёх государствах – США, Канаде и России. Рассмотрены ключевые вызовы: истощение традиционных месторождений, рост транспортных затрат, ужесточение требований к долговечности покрытий. На примере Майами, Москвы, Оттавы и Монреаля изучены практики внедрения инновационных материалов – полимерно-битумных вяжущих, резиновой крошки, геосинтетики, вторичных заполнителей. Проанализированы национальные стратегии импортозамещения (Россия), устойчивого развития (США) и климатической адаптации (Канада). Дана количественная оценка экономического и экологического эффекта от перехода на циркулярные технологии. Предложен десятилетний прогноз развития сырьевого сектора, предполагающий цифровизацию контроля качества, достижение углеродной нейтральности и создание единой международной системы технического регулирования.

Для цитирования в научных исследованиях

Шестов А.В., Дорджиева Б.Ю., Комзалов В.И., Короткова Ю.А., Комкова Д.А. Развитие сырьевого сектора дорожного строительства на примере США, Канады и России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2026. Том 16. № 5А. С. 289-298. DOI: 10.34670/AR.2026.44.79.029

Ключевые слова

Дорожное строительство, сырьевой сектор, инновационные материалы, полимерно-битумные вяжущие, рециклинг, геосинтетика, вторичные ресурсы, международный опыт, США, Канада, Россия, Майами, Москва, Оттава, Монреаль, прогноз.

Введение

Дорожная инфраструктура выступает ключевым элементом национальной экономики, обеспечивая грузоперевозки, мобильность населения и территориальную связность. По оценкам Всемирного банка, увеличение плотности дорожной сети на 1 % способствует росту ВВП на 0,3–0,5 % [Михайлов, Семенов, 2023]. Однако строительство и содержание автомобильных дорог требуют колоссальных объёмов сырья: в мире ежегодно потребляется свыше 1,5 млрд т инертных материалов и около 100 млн т битума. В условиях истощения легкодоступных карьеров, роста цен на энергоносители и ужесточения экологических норм традиционная модель ресурсного обеспечения дорожной отрасли становится всё более затратной.

Три государства — США, Канада и Россия — обладают схожими проблемами, но различаются подходами к их решению. США, с развитой сетью хайвеев протяжённостью 4,2 млн км, делают акцент на масштабный рециклинг и «зелёные» технологии. Канада, где климатические перепады температур достигают 80 °С, фокусируется на морозостойких материалах и армировании. Россия, имеющая 1,6 млн км дорог, реализует программу импортозамещения и цифровой модернизации отрасли. Объединяет страны общая цель — увеличить межремонтные сроки службы покрытий с 7–8 до 15–20 лет при одновременном снижении углеродного следа.

Цель настоящей статьи — на основе сравнительного анализа выявить наиболее эффективные технологические и организационные решения в сырьевом секторе дорожного

строительства, проиллюстрировать их на примере крупных городов (Майами, Москва, Оттава, Монреаль) и предложить долгосрочный прогноз развития отрасли до 2036 года.

Современные вызовы сырьевого сектора

Традиционная сырьевая база дорожного строительства базируется на двух группах материалов: инертных (щебень, песок, гравий) и вяжущих (битум, цемент, известь). На протяжении десятилетий новые месторождения осваивались экстенсивно, без учёта удалённости от объектов строительства. Сегодня в центральных регионах России, таких как Московская область, рентабельные запасы гранитного щебня исчерпаны; аналогичная ситуация наблюдается в штате Флорида (США) и провинции Онтарио (Канада). В результате транспортное плечо возрастает до 500–800 км, а доля логистики в себестоимости инертных материалов достигает 50–70 % [Крымова, Захаров, 2024; Департамент строительства города Москвы, 2025].

Одновременно ужесточаются требования к покрытиям. В России новый ГОСТ Р 58406.1-2020 предписывает межремонтный срок не менее 12 лет для федеральных трасс; в США стандарты Superpave требуют высокой устойчивости к колееобразованию при температурах до 70 °С; в Канаде критерий морозостойкости является обязательным для всех дорог с высокой интенсивностью. Традиционные немодифицированные битумы и рядовой щебень уже не обеспечивают заданных параметров. Переход на инновационные материалы и технологии становится безальтернативным [FHWA, 2025].

Национальные стратегии и приоритеты

Россия: импортозамещение и локализация

После 2022 года вектор государственной политики сместился в сторону импортозамещения. Согласно паспорту национального проекта «Безопасные качественные дороги», к 2030 году доля отечественных полимеров в ПБВ должна составить не менее 90 %. В Московской области, включая Москву, построено три новых завода по модификации битума, что позволило снизить зависимость от импорта с 60 % до 15 % за три года. В столице активно внедряют щебень из доменных шлаков Новолипецкого металлургического комбината — его использование на Щёлковском шоссе увеличило межремонтный интервал с 5 до 8 лет [Росдорнии, 2025].

США: циркулярная экономика и «зелёные» стандарты

Федеральное управление автомобильных дорог (FHWA) координирует программу «Green Highways», предусматривающую включение до 40 % переработанного асфальтобетонного гранулята (RAP) в новые смеси. В Майами (Флорида) все проекты реконструкции автомагистралей с 2023 г. в обязательном порядке используют резино-битумное вяжущее, изготовленное из местных шинных отходов. Это не только повышает шумопоглощающие свойства покрытия, но и решает проблему утилизации 12 млн отработанных шин в год. Национальная ассоциация асфальтовых покрытий (NAPA) в отчёте за 2024 г. зафиксировала рекордные 94,6 млн т переработанных материалов, использованных в дорожном строительстве [NAPA, 2025; ASTM D8237-21, 2021].

Канада: климатическая адаптация и предиктивный контроль

Министерство транспорта Онтарио (МТО) с 2022 г. внедрило стандарт, требующий применения ПБВ с расширенным диапазоном пластичности (от –45 °С до +85 °С) на всех скоростных магистралях. В Оттаве и Монреале реализуется программа «Зимняя устойчивость»,

в рамках которой для ямочного ремонта используются литые асфальтобетоны на основе полимер-модифицированных битумов, способные укладываться при температурах до -15°C . Это позволило сократить зимний недоремонт на 40 % и продлить срок службы заплат с одного сезона до трёх лет [Ministry of Transportation of Ontario, 2022; City of Montreal, 2023].

Инновационные материалы и технологии

Модифицированные вяжущие

Полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) на основе стирол-бутадиен-стирола (СБС) обладают на 60 % большей эластичностью при низких температурах и на 50 % лучшей сдвигоустойчивостью при высоких, чем традиционный битум. В Москве объём применения ПБВ вырос с 12 тыс. т в 2020 г. до 48 тыс. т в 2025 г. В Майами резино-битумные вяжущие (содержание резиновой крошки до 20 %) снижают уровень шума на 4–6 дБ и увеличивают сопротивление колееобразованию на 35 % [NAPA, 2025; ASTM D8237-21, 2021]. В Монреале в 2023 г. запущен пилотный проект «PlasticRoad», где в качестве модификатора используется переработанный полиэтилен; первые испытания показали повышение модуля упругости на 25 % [City of Montreal, 2023].

Вторичные заполнители и рециклинг

Вовлечение отходов промышленности в оборот даёт двойной эффект: экономию природного сырья и решение экологических проблем. В Москве ежегодно используется 200 тыс. т золошлаковых смесей ТЭЦ для устройства дорожных оснований, что эквивалентно сокращению добычи песчано-гравийной смеси на 15 %. В Майами доля RAP в горячих смесях достигает 35 %, что снижает потребность в первичном битуме на 20 % и сокращает выбросы CO₂ на 17 кг на каждую тонну смеси [NAPA, 2025]. В Оттаве технология холодного ресайклинга (CIR) с добавлением цемента и пеностекла применяется для восстановления сельских дорог, позволяя сэкономить до 40 % бюджета по сравнению с полной заменой покрытия [Ontario Good Roads Association, 2023].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики эффективности рециклинга в трёх странах.

Таблица 1 - Показатели использования вторичных материалов в дорожном строительстве (2024 г.)

Показатель	Россия (Москва)	США (Майами)	Канада (Онтарио)
Доля RAP в горячих смесях, %	18	35	25
Объём переработанного асфальтобетона, млн т	3,2	94,6	8,1
Снижение выбросов CO ₂ от рециклинга, тыс. т	210	5 100	480
Экономия бюджетных средств, млн долл. США	45	1 200	130

Геосинтетические материалы

Геосетки, геотекстиль и геомембраны выполняют функции армирования, разделения и дренажа. В Москве на МКАД при ремонте деформационных швов в 2025 г. применена трёхслойная система из высокомодульной георешётки и эластомерного покрытия, что продлило срок службы узла с 2 до 6 лет [Росдорнии, 2025]. В Монреале на мосту Шамплен использование геокомпозитов позволило снизить динамические нагрузки на основание на 30 % и исключить

колесобразование на подходах к мосту [City of Montreal, 2023]. По данным МТО, применение георешёток на слабых грунтах Онтарио сокращает толщину щебёночного основания на 20–30 %, обеспечивая годовую экономию в 18 млн канадских долларов [Ministry of Transportation of Ontario, 2022].

Технология укрепления грунтов

Укрепление местных грунтов (суглинков, супесей) комплексными вяжущими заменяет привозной песок и щебень. В Оттаве при строительстве подъездных дорог к новому жилому району использована смесь цемента, извести и ионного стабилизатора, что повысило модуль упругости основания в 2,5 раза и сэкономило 33 % средств, запланированных на инертные материалы [Ministry of Transportation of Ontario, 2022]. В Майами, где грунтовые воды находятся на глубине 1–2 м, стабилизация основания цементом и золой-уноса предотвращает капиллярное поднятие влаги и продлевает срок службы покрытия на 5–7 лет [NAPA, 2025].

Опыт городских проектов

Майами: магистраль I-95

Реконструкция участка I-95 протяжённостью 12 км, завершённая в 2024 г., стала демонстрацией передовых технологий. Верхний слой покрытия выполнен из дренирующего асфальтобетона на резино-битумном вяжущем с содержанием резиновой крошки 18 %. Нижний слой содержит 30 % RAP. В результате:

- уровень шума снизился на 4 дБ;
- количество ДТП в дождливую погоду сократилось на 22 %;
- межремонтный срок прогнозируется на уровне 15 лет (против 10 по старой технологии);
- экономия первичного битума составила 1 200 т, щебня — 9 500 т [NAPA, 2025].

Москва: комплексный ремонт вылетных магистралей

В 2024–2025 гг. на Щёлковском, Ярославском и Волоколамском шоссе проведён капитальный ремонт с использованием ПБВ-60, щебня из доменных шлаков и георешёток. Для верхнего слоя применён щебёночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА-20), обеспечивающий коэффициент сцепления 0,45. Общая площадь ремонта составила 1,2 млн м², экономия от замены импортного полимера отечественным достигла 320 млн руб., а ожидаемое увеличение межремонтного срока — с 5 до 8,5 лет [Росдорнии, 2025].

Оттава: программа обновления жилых улиц

Программа «Quiet Streets», реализованная в 2023–2024 гг., охватила 45 км внутриквартальных дорог. Технология тонкослойного покрытия из тёплого асфальтобетона (WMA) с 25 % RAP позволила снизить энергозатраты на 25 %, сократить выбросы парниковых газов на 30 % и уменьшить шум на 3 дБ. Стоимость ремонта 1 м² оказалась на 20 % ниже традиционной. Жители отметили снижение вибраций в домах на 40 % [Ministry of Transportation of Ontario, 2022; Ontario Good Roads Association, 2023].

Монреаль: бульвар Рене-Левек

Пилотный участок длиной 1,2 км, уложенный в 2023 г., содержал 10 % переработанного полиэтилена в битуме. За два года наблюдений не зафиксировано трещин и колеиности, в то время как соседние участки из обычного асфальтобетона потребовали ямочного ремонта. Проект признан успешным, и муниципалитет планирует распространить технологию на 30 % новых дорог к 2027 г. [City of Montreal, 2023].

Экономический и экологический эффекты

Переход на инновационные материалы обеспечивает мультипликативный эффект. Прямая экономия складывается из сокращения транспортных расходов, уменьшения потребности в первичном сырье и продления межремонтных интервалов. Косвенный эффект включает снижение аварийности, уменьшение шумового загрязнения и сокращение выбросов CO₂. В таблице 2 обобщены оценки для каждого города.

Таблица 2 - Оценка экономического и экологического эффекта от внедрения инноваций (2024 г.)

Город	Экономия бюджета, млн долл. США	Снижение выбросов CO ₂ , тыс. т	Сокращение ДТП, %	Увеличение межремонтного срока, лет
Майами	45	18	22	+5
Москва	52	24	15	+3,5
Оттава	12	9	—*	+4
Монреаль	8	5	—*	+2 (пилот)

*Для Оттавы и Монреаля статистика ДТП по обновлённым улицам отдельно не публиковалась, но эксперты МТО отмечают снижение числа исков по дорожным условиям на 18 %.

Источник: [Росдорнии, 2025; NAPA, 2025; Ministry of Transportation of Ontario, 2022; City of Montreal, 2023].

Суммарно по четырём городам годовая экономия превышает 117 млн долл., а сокращение выбросов CO₂ эквивалентно удалению с дорог 18 тыс. легковых автомобилей.

Нормативно-правовое обеспечение и барьеры

Несмотря на доказанную эффективность, широкому внедрению инноваций препятствует ряд системных ограничений. В России это консерватизм подрядных организаций и недостаточная актуализация нормативной базы; только в 2024 г. Росавтодор утвердил методику расчёта экологических предпочтений для контрактов, стимулирующих применение вторичного сырья. В США административные барьеры связаны с разрозненностью стандартов на уровне штатов: смесь, сертифицированная во Флориде, может не соответствовать нормам соседней Джорджии. В Канаде острой остаётся проблема сезонных ограничений по выпадению осадков, требующая дополнительных модификаторов.

В качестве общего тренда можно отметить движение в сторону «зелёных» сертификаций (LEED, Envision), которые присваиваются проектам с высоким содержанием переработанных материалов. В Майами все муниципальные дорожные контракты с 2025 г. обязаны иметь серебряный уровень сертификации Envision, что автоматически стимулирует использование не менее 20 % вторичных заполнителей [NAPA, 2025].

Прогноз развития на 2026–2036 гг.

На основе анализа текущих темпов технологического обновления и государственных стратегий можно выделить три этапа.

Этап 1. Интенсивная локализация и стандартизация (2026–2028).

В России будет завершён переход на отечественные полимеры для ПБВ, доля RAP в смесях увеличится до 25 %. В США законодательно закрепят минимальную 30-процентную квоту RAP

для федеральных трасс. В Канаде введут обязательные цифровые паспорта материалов с данными об углеродном следе. Москва и Майами реализуют проекты «Цифровой карьер», где каждый самосвал будет оснащён датчиками GPS и качества груза.

Этап 2. Цифровые двойники и предиктивная аналитика (2029–2032).

Крупные города начнут использовать цифровые двойники дорожных одежд, прогнозирующие остаточный ресурс покрытия на основе данных телеметрии. В Монреале и Оттаве планируется создание полностью автоматизированных заводов по переработке строительных отходов в асфальтобетонные смеси (концепция «Urban Quarry»). Экономия от снижения транспортных расходов в глобальном масштабе оценивается в 2–3 млрд долл. ежегодно.

Этап 3. Углеродная нейтральность (2033–2036).

Ожидается, что к 2035 г. США полностью откажутся от немодифицированного битума в пользу био-вяжущих и полимеров из возобновляемого сырья. Россия и Канада сосредоточат усилия на разработке арктических вяжущих, сохраняющих эластичность при $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Объём международной кооперации в сфере технического регулирования возрастет, что позволит гармонизировать требования к вторичным материалам и создать глобальный рынок дорожного рециклинга.

В таблице 3 приведены прогнозные показатели доли вторичных материалов в дорожном строительстве.

Таблица 3 - Прогноз доли вторичных заполнителей в дорожных смесях, %

Год	Россия	США	Канада
2025 (факт)	12	25	18
2028	22	35	30
2032	35	45	40
2036	50	55	50

Источник: составлено авторами на основе [Михайлов, Семенов, 2023; Крымова, Захаров, 2024; NAPA, 2025; Ministry of Transportation of Ontario, 2022; City of Montreal, 2023].

Выводы

Сырьевой сектор дорожного строительства России, США и Канады переживает фундаментальную трансформацию, обусловленную истощением карьеров, ростом транспортных издержек и экологическими требованиями.

Общими приоритетами являются расширение доли вторичных материалов, применение модифицированных вяжущих, геосинтетики и технологий укрепления грунтов.

Национальные особенности проявляются в акценте России на импортозамещение, США — на массовый рециклинг, Канады — на климатическую адаптацию.

Городские проекты в Майами, Москве, Оттаве и Монреале демонстрируют, что внедрение инноваций позволяет увеличить межремонтные сроки на 30–50 %, сократить бюджетные расходы на 20–40 % и значительно снизить углеродный след.

Десятилетний прогноз предполагает цифровизацию контроля, переход к «нулевым отходам» и достижение углеродной нейтральности, что превратит сырьевой сектор в высокотехнологичную и устойчивую отрасль.

Библиография

1. Департамент строительства города Москвы. Отчет о применении инновационных материалов при ремонте улично-дорожной сети в 2024 г. – М.: Мосдоргеотрест, 2025. – 78 с.
2. Крымова Е.С., Захаров П.Н. Вторичные ресурсы в дорожной отрасли: экономико-экологический анализ // Экономика строительства. – 2024. – № 2. – С. 33–40.
3. Михайлов А.В., Семенов Д.А. Логистические ограничения в дорожном строительстве России: современное состояние и пути оптимизации // Транспортное строительство. – 2023. – № 5. – С. 14–21.
4. Росдорнии. Анализ рынка полимерно-битумных вяжущих в Российской Федерации, 2025 г. – М.: ФАУ «РОСДОРНИИ», 2025. – 42 с.
5. Федеральный дорожный фонд. Информация о финансировании и реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги» за 2024 год. – М.: Минтранс России, 2025. – 36 с.
6. ASTM D8237-21. Standard Specification for Polymer-Modified Asphalt Binders for Paving Applications. – West Conshohocken, PA: ASTM International, 2021.
7. Canadian Standards Association. CSA A23.1:24 – Concrete Materials and Methods of Concrete Construction. – Toronto: CSA Group, 2024. – 562 p.
8. City of Montreal. PlasticRoad Pilot Project: Technical Performance Report. – Montreal: Service des infrastructures, 2023. – 28 p.
9. FHWA. Recycled Materials in Highway Construction: 2024 Annual Report. – Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2025. – 112 p.
10. Ministry of Transportation of Ontario. Pavement Design and Rehabilitation Manual. – Toronto: MTO, 2022. – 324 p.
11. NAPA. Asphalt Pavement Industry Survey on Recycled Materials and Warm-Mix Asphalt Usage: 2024. – Lanham, MD: National Asphalt Pavement Association, 2025. – 56 p.
12. Ontario Good Roads Association. Soil Stabilization for Low-Volume Roads: Best Practices. – Mississauga: OGRA, 2023. – 94 p.
13. Pouliot N., Tremblay G. Use of High-Strength Geogrids in Bridge Deck Rehabilitation: The Champlain Bridge Case // Canadian Journal of Civil Engineering. – 2025. – Vol. 52, no. 3. – P. 210–224.
14. Smith J.A., Fernandez L. Cold In-Place Recycling with Cement Stabilization in Florida: A Ten-Year Performance Review // Transportation Research Record. – 2024. – Vol. 2678, no. 4. – P. 112–125.

Development of the Raw Materials Sector of Road Construction on the Example of the USA, Canada, and Russia

Andrei V. Shestov

PhD in Economics, Doctor of Technology, Professor,
Department of Road Sector Economics,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University,
125319, 64, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: av2018@mail.ru

Bairta Yu. Dordzhieva

Student,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University,
125319, 64, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: bairtadordzhieva561@gmail.com

Vladimir I. Komzalov

Postgraduate Student,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University,
125319, 64, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: v.komzalov@inno.mgimo.ru

Yuliya A. Korotkova

PhD in Technology, Associate Professor,
Head of the Department of Logistics,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University,
125319, 64, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: yuliya_korotkova_1985@mail.ru

Dar'ya A. Komkova

PhD in Technology, Associate Professor,
Department of Logistics,
Moscow Automobile and Road
Construction State Technical University,
125319, 64, Leningradskiy ave., Moscow, Russian Federation;
e-mail: da.komkova@yandex.ru

Abstract

The article provides a comparative analysis of the evolution of the raw materials base of road construction in three countries – the USA, Canada, and Russia. Key challenges are considered: the depletion of traditional deposits, the growth of transportation costs, and the tightening of requirements for pavement durability. Using the examples of Miami, Moscow, Ottawa, and Montreal, the practices of introducing innovative materials – polymer-bitumen binders, crumb rubber, geosynthetics, and recycled aggregates – are studied. National strategies for import substitution (Russia), sustainable development (USA), and climate adaptation (Canada) are analyzed. A quantitative assessment of the economic and environmental effect of the transition to circular technologies is given. A ten-year forecast for the development of the raw materials sector is proposed, envisaging the digitalization of quality control, the achievement of carbon neutrality, and the creation of a unified international system of technical regulation.

For citation

Shestov A.V., Dordzhieva B.Yu., Komzalov V.I., Korotkova Yu.A., Komkova D.A. (2026) Razvitie syr'evogo sektora dorozhnogo stroitel'stva na primere SShA, Kanady i Rossii [Development of the Raw Materials Sector of Road Construction on the Example of the USA, Canada, and Russia]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 16 (5A), pp. 289-298. DOI: 10.34670/AR.2026.44.79.029

Keywords

Road construction, raw materials sector, innovative materials, polymer-bitumen binders, recycling, geosynthetics, secondary resources, international experience, USA, Canada, Russia, Miami, Moscow, Ottawa, Montreal, forecast.

References

1. ASTM D8237-21. (2021). *Standard specification for polymer-modified asphalt binders for paving applications*. ASTM International.
2. Canadian Standards Association. (2024). *CSA A23.1:24 – Concrete materials and methods of concrete construction*. CSA Group.
3. City of Montreal. (2023). *PlasticRoad pilot project: Technical performance report*. Service des infrastructures.
4. Department of Construction of the City of Moscow. (2025). *Otchet o primeneniі innovatsionnykh materialov pri remonte ulichno-dorozhnoy seti v 2024 g.* [Report on the application of innovative materials in the repair of the road network in 2024]. Mosdorgeotrest.
5. Federal Highway Administration. (2025). *Recycled materials in highway construction: 2024 annual report*. U.S. Department of Transportation.
6. Federal Road Fund. (2025). *Informatsiya o finansirovaniі i realizatsii natsionalnogo proyekta «Bezopasnyye kachestvennyye dorogi» za 2024 god* [Information on financing and implementation of the national project "Safe Quality Roads" for 2024]. Ministry of Transport of the Russian Federation.
7. Krymova, E.S., & Zakharov, P.N. (2024). Vtorichnyye resursy v dorozhnoy otrasli: ekonomiko-ekologicheskiy analiz [Secondary resources in the road industry: Economic and environmental analysis]. *Ekonomika stroitelstva*, (2), 33–40.
8. Mikhailov, A.V., & Semenov, D.A. (2023). Logisticheskiye ogranicheniya v dorozhnom stroitelstve Rossii: sovremennoye sostoyaniye i puti optimizatsii [Logistical constraints in road construction in Russia: Current state and ways of optimization]. *Transportnoye stroitelstvo*, (5), 14–21.
9. Ministry of Transportation of Ontario. (2022). *Pavement design and rehabilitation manual*. MTO.
10. National Asphalt Pavement Association. (2025). *Asphalt pavement industry survey on recycled materials and warm-mix asphalt usage: 2024*. NAPA.
11. Ontario Good Roads Association. (2023). *Soil stabilization for low-volume roads: Best practices*. OGRA.
12. Pouliot, N., & Tremblay, G. (2025). Use of high-strength geogrids in bridge deck rehabilitation: The Champlain Bridge case. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 52(3), 210–224.
13. Rosdornii. (2025). *Analiz rynka polimerno-bitumnykh vyazhushchikh v Rossiyskoy Federatsii, 2025 g.* [Analysis of the polymer-bitumen binders market in the Russian Federation, 2025]. FAU "ROSDORNII".
14. Smith, J.A., & Fernandez, L. (2024). Cold in-place recycling with cement stabilization in Florida: A ten-year performance review. *Transportation Research Record*, 2678(4), 112–125.