

Научная статья

Original article

УДК 332.1

doi: 10.55186/2413046X_2025_10_6_161

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ
ИНФРАСТРУКТУРЫ**
**ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONSTRAINTS ON LAND USE
FORMATION FOR INFRASTRUCTURE FACILITIES**



Столяров Виктор Михайлович, к.э.н., доцент кафедры управления земельными ресурсами и объектами недвижимости, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: vms88@inbox.ru

Кочетов Ян Сергеевич, кафедра управления земельными ресурсами и объектами недвижимости, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: yankochetov52@gmail.com

Морозов Данил Валерьевич, кафедра землеустройства, ФГБОУ ВО Государственный университет по землеустройству, Москва, E-mail: morousss@mail.ru

Stolyarov Victor Mikhailovich, Candidate of Economics sciences, Docent of the Department of Land and Real Estate Management, State University of Land Use Planning, Moscow, E-mail: vms88@inbox.ru

Kochetov Yan Sergeevich, Department of Land and Real Estate Management, State University of Land Use Planning, Moscow, E-mail: yankochetov52@gmail.com

Morozov Danil Valerievich, Department of Land Management, State University of Land Use Planning, Moscow, E-mail: morousss@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены экологические и экономические ограничения, возникающие при формировании землепользований под объекты промышленной инфраструктуры, в частности при проектировании и строительстве автомобильных дорог. Исследование охватывает правовые нормы, ландшафтно-климатические особенности и экономические последствия, влияющие на размещение инфраструктурных объектов в регионах Российской Федерации. Особое внимание уделено взаимодействию нормативной базы с практикой планирования землепользования на землях сельскохозяйственного назначения, водного и лесного фондов. Установлено, что отсутствие комплексного анализа на стадии проектирования приводит к фрагментации экосистем, потере биоразнообразия, повышению затрат на строительство и эксплуатации дорог. Обоснована необходимость предварительного инженерно-экологического обследования, оценки альтернативных издержек, учёта миграционных коридоров, аграрной ценности территорий, а также адаптации маршрутов к естественным условиям. Приведены примеры негативных последствий проектных решений в Пермском и Алтайском краях и дана оценка их финансовой значимости. Предложена инновационная альтернатива традиционному асфальту – пластиковое покрытие, обладающее высокой устойчивостью, экологичностью и экономической эффективностью. Представлены сравнительные характеристики покрытий по эксплуатационным и финансовым показателям. Сделан вывод о необходимости перехода к устойчивому управлению землепользованием и применению инновационных технологий при реализации инфраструктурных проектов, что обеспечит снижение экологического ущерба и оптимизацию бюджетных затрат.

Abstract. The article examines ecological and economic constraints on land use formation for infrastructure facilities, particularly in the planning and construction

of roads. The study addresses legal frameworks, landscape and climatic features, and economic impacts influencing infrastructure placement in the regions of the Russian Federation. Special attention is given to the interaction between regulatory requirements and land use planning practices on agricultural lands, as well as within forest and water protection zones. It is established that the absence of integrated analysis at the design stage leads to ecosystem fragmentation, biodiversity loss, and increased construction and maintenance costs. The necessity of preliminary environmental and engineering surveys, assessment of alternative costs, consideration of wildlife corridors, and adaptation of routes to natural and socio-economic conditions is substantiated. The article presents practical examples of negative consequences from Altai and Perm regions and provides a financial assessment of related inefficiencies. An innovative alternative to traditional asphalt – plastic pavement – is proposed, offering enhanced durability, environmental sustainability, and long-term cost-effectiveness. A comparative analysis of pavement types is provided, highlighting operational and financial indicators. The study concludes on the need for a transition to sustainable land management and the implementation of advanced technologies in infrastructure development, ensuring minimized environmental damage and more efficient public spending.

Ключевые слова: землепользование, инфраструктурные объекты, автомобильные дороги, экологические ограничения, экономические ограничения, устойчивое развитие, компенсация ущерба, межведомственное согласование, инновационные технологии, пластиковое дорожное покрытие

Keywords: land use, infrastructure facilities, highways, environmental restrictions, limitations, sustainable development, compensation for consequences, interdepartmental agreement, innovative technologies, plastic road surface

Современное развитие промышленной инфраструктуры, включая транспортные коридоры, такие как автомобильные дороги, является

отличительным фактором экологического и экономического развития территории.

В нынешних условиях строительства промышленных объектов, включая транспортную инфраструктуру, неизбежно появляется необходимость многоуровневого согласования множества интересов – от жилищного и сельскохозяйственного использования земель до задач охраны природы. Именно это становится причиной возникновения правовых, экологических и экономических конфликтов, сопровождающих процесс реализации проектов.

Основные проблемы могут быть представлены следующим перечнем:

1. Высокая степень конфликтности землепользования;
2. Недостаточная интеграция экологических критериев в территориальное планирование;
3. Удорожание проектов из-за процедур изъятия и компенсации землепользователям;
4. Отсутствие единой системы оценки альтернативных издержек.
5. Сложности межведомственного согласования

Целью данной статьи является комплексное выявление и анализ экономических и экологических ограничений, возникающих при формировании землепользования под размещение объектов инфраструктуры и предложить практико-ориентированные решения, направленные на минимизацию негативных последствий и повышение эффективности.

Задачами данной статьи являются:

1. Проведение классификации экологических и экономических ограничений, влияющих на формирование земельных участков автомобильных дорог.
2. Оценка влияние экологических и экономических ограничений на реализацию формирования земельных участков автомобильных дорог.
3. Разработка рекомендаций по снижению барьеров при формировании земельных участков автомобильных дорог, включая нормативные и инженерно-технические меры.

При строительстве объектов инфраструктуры приходится сталкиваться с влиянием урбанизации на состояние окружающей среды, поэтому был проведен анализ законодательства Российской Федерации на предмет влияния.

Строительство промышленной инфраструктуры, которое включает в себя автомобильные дороги согласно ст. 7 Земельного кодекса Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ «земли под объектами транспортной инфраструктуры относятся к категории земель промышленности, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, обеспечения космической деятельности, энергетики, обороны, безопасности и иного специального назначения. Выделение таких земель осуществляется с учётом документации по планировке территории, согласований с органами охраны окружающей среды и санитарного контроля.» [1]

При этом ключевым требованием на этапе подготовки к строительству является проведение оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Это прямо предусмотрено в федеральном законе "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ.

Согласно Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: «Оценка воздействия на окружающую среду проводится в отношении планируемой хозяйственной и иной деятельности, которая может оказать прямое или косвенное воздействие на окружающую среду.» [2]

Из этого следует что это необходимая мера, без которой дальнейшее строительство автомобильной дороги невозможно.

Материалы ОВОС должны быть опубликованы для общественности, и проводятся общественные слушания по проекту.

Согласно Федеральным закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»: «исследования по оценке воздействия на окружающую среду проводятся заказчиком (исполнителем)» [2]. Но в реалиях заказчик

обычно пренебрегает этим, что ведет к следующим экологическим последствиям. (таблица 1)

При проектировании отсутствует учет ландшафтных, климатических и экологических характеристик территории. Происходит фрагментация экосистем, это приводит к тому, что целостность природных связей нарушается. Нарушаются миграционные пути диких животных, что затрудняет их естественные перемещения и может способствовать сокращению популяций. Отмечается деградация почвенного покрова и водных объектов, вызванная нарушением гидрологического режима, уплотнением и эрозией почв. Увеличение уровня шумового воздействия и загрязнения атмосферного воздуха, связанного с транспортными потоками и эксплуатацией дорожного полотна, также воздействуют на экосистему.

Таблица 1. Влияние отсутствия природного анализа на экологические последствия при проектировании автодорог

Тип характеристики	Нарушение/неучёт	Экологическое последствие	Пример
Ландшафтная	Игнорирование рельефа, размещение дороги через ключевые природные зоны	Фрагментация экосистем, разрушение миграционных коридоров животных	Строительство трассы через лесной массив без экодуков – ограничение миграции лосей
Климатическая	Не учёт снежных заносов, ветров, сезонного подтопления	Нарушение устойчивости покрытия, эрозия почвы, паводковый риск	Дорога, проложенная по низине без дренажа – регулярное подтопление участка
Экологическая	Отсутствие анализа флоры и фауны, охраняемых видов	Снижение биоразнообразия, гибель редких видов	Проект через среду обитания краснокнижных птиц без корректировки маршрута

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) служит основой для государственной экологической экспертизы (ГЭЭ).

Согласно Федеральному закону "Об экологической экспертизе" от 23.11.1995 N 174-ФЗ, проектная в ряде случаев подлежит ГЭЭ, если дорога проходит через особо охраняемые природные территории (ООПТ) или относится к объектам I категории по степени воздействия. Без положительного заключения экологической экспертизы строительство не может быть начато.

В связи с этим особую значимость приобретает анализ правово-экологических условий, определяющих допустимость размещения инфраструктурных объектов на землях водного фонда, лесного фонда и сельскохозяйственного назначения. Возникает необходимость глубокого изучения регламентов, устанавливающих порядок проектирования и строительства в пределах указанных категорий земель с учётом их экологической функции и режима охраны.

При проектировании автомобильных дорог через земли водного фонда необходимо учитывать требования и условия настоящего Водного кодекса. Далее даны условия, при которых в границах водоохраных зон разрешено проектирование, строительство, ввод в эксплуатацию:

1. «централизованные системы водоотведения (канализации);
2. сооружения и системы для отведения (сброса) сточных вод;
3. локальные очистные сооружения для очистки сточных вод;
4. сооружения для сбора отходов производства;
5. сооружения, обеспечивающие защиту водных объектов и прилегающих к ним территорий от разливов нефти и нефтепродуктов.» [4]

При прохождении автомобильных дорог через водоохраные зоны проектирование и строительство возможно лишь при условии строгого соблюдения требований Водного кодекса, предусматривающих наличие инженерных и природоохранных сооружений, обеспечивающих минимизацию воздействия на водные объекты.

Учитывая то, что огромная часть Российской Федерации покрыта лесами, то, в том или ином случае, появляется необходимость использования земель Лесного фонда для строительства автомобильных дорог.

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 26.12.2024) можно выделить следующие требования при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог:

1. «При использовании лесов, расположенных на землях лесного фонда, должны использоваться нелесные земли;
2. Осуществление строительства, реконструкции и эксплуатации линейных объектов должно исключать развитие водной и ветровой эрозии;
3. Использование лесов, расположенных на землях лесного фонда, осуществляется в соответствии с проектом освоения лесов и после подачи лесной декларации;
4. Использование лесов, расположенных на землях иных категорий, в целях строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов, осуществляется в соответствии с целевым назначением таких земель.» [5]

Особое внимание уделяется восстановлению утраченных лесных ресурсов: после завершения строительных работ на застройщика возлагается обязанность по проведению компенсационного лесовосстановления.

«Лесовосстановление осуществляется естественным, искусственным или комбинированным способом в целях восстановления вырубленных, погибших, поврежденных лесов, а также сохранения полезных функций лесов, их биологического разнообразия.» [5]

Лесное законодательство предусматривает не только допустимость размещения линейных объектов в пределах лесного фонда при соблюдении определённых условий, но и обязательность восстановления нарушенных экосистем, что отражает приоритет принципов устойчивого развития.

Аналогично, при вовлечении сельскохозяйственных угодий в строительство объектов инфраструктуры требуется учитывать их особую

ценность: эти земли обладают высокой продуктивностью и в большинстве случаев интенсивно используются для обеспечения продовольственной безопасности. Именно поэтому любые изменения их назначения требуют особенно взвешенного подхода и оценки потенциальных экономических потерь.

Главным из размещения автомобильных дорог выделяется сохранение плодородного слоя почв. При строительстве производится процесс землевания. При проектировании автомобильных дорог это учитывается: дорогу стараются проложить либо по границам полей, либо по менее ценным категориям земель (например, по пастбищам, сенокосам), даже если это увеличивает длину автомобильной дороги.

Согласно Градостроительному кодексу Российской Федерации от 29.12.2004 N 190-ФЗ, правила подготовки документации по планировке территории, размещение линейных объектов возможно только при наличии проектной документации и соблюдении градостроительных регламентов.

Согласно Федеральному закону «О мелиорации земель» от 10.01.1996 № 4-ФЗ любые работы, затрагивающие мелиорированные сельхозугодья, требуют согласования и обеспечения мер по сохранению мелиоративной системы или компенсации её утраты.

Так как, проектная документация требует изъятия земель сельскохозяйственного назначения для размещения инфраструктуры, следует провести экологическую экспертизу при наличии негативного воздействия на эти земли (таблица 2).

Таблица 2. Экологические проблемы при проектировании объектов инфраструктуры

Проблема	Экологическое последствие	Возможное решение
Отсутствие учёта экосистем и природных связей	Фрагментация среды, снижение биоразнообразия	Планирование маршрутов с учётом экокоридоров, создание экодуков и подземных переходов

Проблема	Экологическое последствие	Возможное решение
Нарушение миграционных путей животных	Снижение численности популяций, рост ДТП с животными	Строительство специализированных переходов, установка заградительных ограждений
Игнорирование рельефа и водных объектов	Подтопления, разрушение дорог, эрозия почвы	Инженерный анализ, устройство дренажных и водоотводных систем
Неучёт климатических условий (снег, паводки, температурные колебания)	Повреждение покрытия, рост затрат на ремонт	Применение морозо- и водостойких материалов, проектирование с запасом прочности
Загрязнение воздуха и шумовое воздействие	Ухудшение качества среды обитания человека и животных	Установка шумозащитных экранов, озеленение полос отвода, развитие общественного транспорта
Загрязнение почвы и воды	Нарушение почвенного покрова, попадание стоков в водоёмы	Обустройство очистных сооружений, использование геотекстиля и противоэрозионных слоёв
Уничтожение природных ландшафтов	Утрата рекреационной и эстетической ценности территории	Зонирование и ландшафтное проектирование с минимальным вмешательством в природу

В таблице 2 указаны проблемы, с которыми приходится бороться при подготовке проекта что непосредственно сказывается на сроках подготовки проекта и обязуют к дополнительным затратам, что подводит к экономическим потерям.

Крупнейшая статья расходов, выступающая как экономическое ограничение условиях современной земельной политики, становится удорожание проектов, связанное с процедурами изъятия и компенсации. Рост кадастровой стоимости земель, высокий уровень вовлечённости участков в частную собственность приводят к затратам на выкуп территорий, необходимых для размещения автомобильных дорог. Это приводит к увеличению общей стоимости строительства и к замедлению темпов реализации проектов.

Согласно статье 56.8 Земельного кодекса Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ: «При определении размера возмещения в него

включаются рыночная стоимость земельных участков, право частной собственности на которые подлежит прекращению, или рыночная стоимость иных прав на земельные участки, подлежащих прекращению, убытки, причиненные изъятием земельных участков, включая убытки, возникающие в связи с невозможностью исполнения правообладателями таких земельных участков обязательств перед третьими лицами, в том числе основанных на заключенных с такими лицами договорах, и упущенная выгода, которые определяются в соответствии с федеральным законодательством.» [1]

Эта норма устанавливает, что при изъятии земельных участков для государственных или муниципальных нужд собственникам или иным правообладателям должна быть предоставлена компенсация, включающая:

- рыночную стоимость изымаемых земельных участков или прав на них;
- убытки, вызванные изъятием, включая невозможность исполнения обязательств перед третьими лицами;
- упущенную выгоду, определяемую в соответствии с федеральным законодательством.

Дополнительные сложности возникают в связи с отсутствием единой системы оценки альтернативных издержек. Потери, связанные с утратой социально и экономически значимых функций земель – например, рекреационного потенциала или сельскохозяйственного использования – зачастую не учитываются в процессе планирования. Этот недочет приводит к принятию неэффективных решений, снижающих обоснованность территориального размещения объектов.

В случае изъятия земельных участков для государственных или муниципальных нужд правообладателям гарантируется всесторонняя компенсация понесённых убытков, включая не только рыночную стоимость земли, но и упущенную выгоду, а также иные экономические потери.

Согласно Гражданскому кодексу Российской Федерации от 30.11.1994 N 51-ФЗ в случае изъятия земель сельскохозяйственного назначения

дополнительно требуется проведение оценки потерь сельхозпроизводства с последующей компенсацией в порядке, установленном действующей методикой. Это обеспечивает более точную и справедливую компенсацию убытков, связанных с утратой продуктивных сельхозугодий.

Значительную роль в формировании институциональных барьеров играет сложность межведомственного согласования. Земельные участки, выбранные под строительство, могут одновременно попадать под действие различных правовых режимов – таких как особо охраняемые природные территории (ООПТ), санитарно-защитные или водоохранные зоны. Согласование в таких случаях требует временных и административных ресурсов, что способствует растягиванию реализации стратегически важных инфраструктурных проектов на долгосрочный период.

Отсутствие полноценного экономического анализа на этапе проектирования автодорог приводит к негативным последствиям, они затрагивают как стоимость реализации, так и эффективность эксплуатации транспортной инфраструктуры. Проблемами становятся резкое удорожание проектов, вызванное высокой стоимостью выкупа земель, особенно в зонах с частной застройкой, а также пренебрежение альтернативными издержками, включая утрату сельскохозяйственных и рекреационных функций территорий. Для этого разберем эти проблематики на примерах регионов Российской Федерации и постараемся найти пути решения.

Далее в таблице 3 дано влияние отсутствия экономического анализа на последствия при проектировании объектов инфраструктуры.

Таблица 3. Влияние отсутствия экономического анализа на последствия при проектировании объектов инфраструктуры

Экономический аспект	Недоучтённый фактор	Негативные последствия	Пример (Алтайский край)	Пример (Пермский край)
Стоимость изъятия земель	Рост кадастровой стоимости, высокая доля частной собственности	Удорожание проектов, затягивание сроков реализации	Обходная дорога вокруг Бийска: значительные затраты на выкуп частных наделов и дачных участков	Проект в Перми (район Вышка-2): сложности с выкупом земли под развязку из-за плотной частной застройки
Альтернативные издержки	Потери от утраты сельхозугодий, рекреационных и природоохранн ых функций	Снижение продовольствен ной и экологической устойчивости региона	Строительство дороги в окрестностях села Павловск через высокопродуктив ные пашни без учёта потерь агропроизводства	Прокладка подъездных путей к предприятию в Краснокамск ом районе – через сельхозугоди я без компенсации аграриям
Инженерная подготовка	Неучтённые расходы на дренаж, укрепление основания	Превышение бюджета, переоценка проектов после начала работ	Трасса в предгорьях Алтая: потребность в укреплении склонов и защите от оползней выявилась только после начала работ	Дорога в Лысьвенском районе: болотистые почвы потребовали дорогостояще го усиления основания
Эксплуатационн ые затраты	Пренебрежение климатом и рельефом	Повышенные расходы на содержание, частые ремонты	Участок Рубцовск – Камень-на-Оби: разрушение полотна из-за сезонных колебаний и плохого водоотвода	Пермский тракт (Пермь – Краснокамск) : асфальт быстро выходит из строя из-за морозного пучения грунтов
Недооценка целесообразности	Отсутствие анализа	Низкая окупаемость,	Реконструкция сельской дороги в	Реконструкци я трассы в

Экономический аспект	Недоучтённый фактор	Негативные последствия	Пример (Алтайский край)	Пример (Пермский край)
и трассы	трафика и перспективных потоков	неэффективное вложение средств	Табунском районе: слабая загрузка, несмотря на инвестиции	Кунгурском районе: не достигнута ожидаемая транспортная нагрузка
Инфраструктурные ограничения	Игнорирование подключения к логистическим узлам	Ограничение развития территории, снижение инвестиционной привлекательности	Промышленная зона в Барнауле: новая дорога не соединена с ж/д веткой, занижена логистическая эффективность	Объездная дорога в Соликамске: отсутствие сопряжения с существующей сетью ограничило промышленное развитие

В Алтайском и Пермском краях наблюдаются случаи, когда экологические особенности местности не были учтены должным образом и это привело к дополнительным расходам (примеры приведены в Таблице 4). Низкая экономическая эффективность также прослеживается в примерах, когда автомобильные дороги проектировались без анализа перспективных транспортных потоков, в результате чего построенные участки оказались мало загруженными и недостаточно востребованными.

Стоит отметить, что при отсутствии интеграции с другими инфраструктурными объектами (логистическими узлами, ж/д ветками, промышленными зонами) существенно снижает стратегическое значение таких дорог и ограничивает развитие прилегающих территорий.

Таблица 4. Интеграция экологического и экономического анализа при проектировании автодорог

Общая проблема	Решение	Экономическая выгода	Оценка выгоды, млн руб./км	Пример (Алтайский край)	Пример (Пермский край)
Подтопления и разрушение дорог	Проведение инженерно-гидрологических изысканий до проектирования	Снижение затрат на аварийные ремонты, повышение срока службы дорожного полотна	3–5 млн	Подтопления у трассы Рубцовск–Камень-на-Оби	Болотистые участки в Лысьвенском районе
Дороговизна выкупа участков	Оптимизация маршрутов в обход частной собственности и садоводств	Сокращение затрат на выкуп, снижение правовых конфликтов	5–15 млн	Обход города Бийска с выкупом дачных и сельхозучастков	Развязка в районе Вышки-2 в Перми – высокая плотность частной застройки
Потери сельхозугодий и рекреационных территорий	Зонирование с учётом приоритета сохранения ценных земель	Снижение компенсаций аграриям, сохранение аграрного и экологического потенциала	1–3 млн + долгосрочная выгода	Проект в Павловском районе через пашни	Прокладка подъездной дороги к производству в Краснокамском районе через угодья
Недооценка трафика и перспективной загрузки	Прогноз транспортных потоков и синхронизация с развитием территорий	Повышение загруженности дорог, ускорение возврата инвестиций	3–7 млн, +10–20% окупаемости	Трасса в Табунском районе оказалась слабо востребованной	Недогруженная трасса в Кунгурском районе
Повышенные затраты на содержание	Использование износостойких покрытий (СМА, модифицированный асфальт, пластик)	Увеличение межремонтного периода, снижение расходов на эксплуатацию	1,5–4 млн (за 10 лет)	Участки дорог в предгорьях Алтая, особенно на подходах к Катунскому району	Проблемные участки Пермского тракта и объездные дороги в условиях морозного пучения
Нарушение экосистем	Строительство экодуков,	Снижение затрат на	2–5 млн	Лесной массив в	Лесной участок у

Общая проблема	Решение	Экономическая выгода	Оценка выгоды, млн руб./км	Пример (Алтайский край)	Пример (Пермский край)
последующие компенсации	ограждений, корректировка маршрута с учётом миграционных коридоров	компенсации, предотвращение штрафов, общественное одобрение проекта		районе Тальменки (Залесовский заказник)	Чусового и Косьвинского заказника
Частые ДТП с участием диких животных	Экодуки, специальные ограждения, знаки, локальное освещение	Снижение количества ДТП, расходов на спасательные работы и страхование	0,5–1 млн	Участок трассы через охраняемую природную зону Залесовского района	Частые ДТП на Чусовском тракте вблизи лесных массивов
Нехватка зарядной инфраструктуры для электромобилей	Интеграция зарядных станций в транспортные проекты и придорожный сервис	Привлечение инвестиций, снижение углеродного следа, повышение транспортной доступности	До 10–15 млн на объект	Отсутствие зарядок на трассе Барнаул–Бийск	Недостаток ЭЗС на направлении и Пермь–Кунгур, особенно в сельской зоне

Можно установить, что между экологическими и экономическими аспектами проектирования автодорожной инфраструктуры существует прямая связь. Ошибки или упущения в одной из этих сфер зачастую влекут за собой негативные последствия в другой, что делает проблему комплексной и системной. Интеграция экологического и экономического анализа при проектировании автодорог обеспечивает минимизацию ущерба, рациональное использование земельных ресурсов, снижение затрат на строительство и последующую эксплуатацию автомобильных дорог. Отсутствие комплексного подхода формирует множественные издержки, делает проекты уязвимыми к природным и социальным рискам и тормозит развитие территорий.

Для минимизации экономического и экологического воздействия на проектирование автомобильных дорог требуется новый подход к решению инженерных задач и воплощения инновационных идей, мы предлагаем замену дорожного полотна с привычного нам асфальта на переработанный пластик.

«Термопластик - это перерабатываемый пластик, который включает в себя такие виды как: Полиэтилентерефталат (ПЭТ), Полиэтилен низкой плотности (ПНП), Поливинилхлорид (ПВХ), Полиэтилен высокой плотности (ПВП), Полипропилен, Полистирол и т.д.»[8]

Это значительно разгрузит местные полигоны ТБО, также снизит экологическое влияние на окружающую среду, уменьшит экономические затраты на содержание автомобильной дороги (сезонная смена асфальта, износ, морозное пучение и т.д.) и задаст тенденцию на создание новых технологичных сортировочных пунктов.

«Уже более 5 лет в России в военном деле используются переносные дороги. Такая дорога устойчива к тяжелой технике и артиллерии. Пластиковые дорожные модули с антискользящим покрытием производятся на заводе стеклопластика ОАО «Тверьстеклопластик», который входит в ГК «Рускомполит», в г. Тверь.»[9]

Пластиковые дороги – это инновационная альтернатива традиционному асфальту, и у них есть несколько потенциальных преимуществ (Таблицы 5,6).

Таблица 5. Сравнение пластикового и асфальтного дорожных покрытий

Критерий	Пластиковое покрытие	Асфальтовое покрытие
Устойчивость к температуре	Не размягчается на жаре, не трескается на морозе температурный диапазон (ПЭТ) -60+170	Может деформироваться при высоких и низких температурах -40+35
Срок службы	30–50 лет	10–15 лет
Ремонтопригодность	Модульная структура – отдельные блоки легко	Ремонт требует фрезеровки, укладки нового слоя

Критерий	Пластиковое покрытие	Асфальтовое покрытие
	заменяются	
Экологичность	Изготавливается из переработанного пластика	Производство асфальта требует нефтепродуктов
Водоотведение	Встроенные дренажные каналы (у некоторых моделей)	Нужна отдельная система водоотведения
Скорость укладки	Быстрее (модульная сборка)	Медленнее, особенно при многослойной технологии
Масса конструкции	Легче – проще транспортировать	Тяжелее – требует спецтехники
Шумоподавление	Возможность интеграции шумопоглощающих элементов	Средний уровень шумоподавления
Инновационные функции	Возможность встроить датчики, подсветку, солнечные панели	Требует дополнительных систем
Утилизация в конце срока	Возможна повторная переработка	Ограничена, чаще всего утилизация или переработка в щебень

Таблица 6. Финансовые и эксплуатационные аспекты покрытия

Параметр	Пластиковое покрытие	Асфальтовое покрытие
Начальная стоимость (на 1 км)	Выше (~30-50 млн руб/км)	Ниже (~15-25 млн руб/км)
Общие затраты за 30 лет (включая ремонт)	Ниже (меньше ремонтов и затрат на обслуживание)	Выше (частые ремонты, переработка, укладка новых слоёв)
Стоимость обслуживания	Низкая (долговечные модули, меньше ям)	Высокая (регулярная заливка трещин, ямочный ремонт)
Доступность технологии	Ограниченная (новые производители, требуется сертификация)	Высокая (широко распространена, отлаженная логистика)
Скорость укладки	Быстрая (модульная сборка)	Медленная (необходима подготовка, послойная укладка)
Срок ввода в эксплуатацию	Сокращённый	Стандартный
Окупаемость (в долгосрочной перспективе)	Выше благодаря снижению эксплуатационных затрат	Ниже из-за частых ремонтов и содержания

Таблицы 5,6 позволяют увидеть разницу эксплуатационно-технологических характеристик пластикового и асфальтового дорожных покрытий. Пластиковое покрытие, выполненное преимущественно на основе

переработанного ПЭТ (полиэтилентерефталата), демонстрирует более широкий температурный диапазон эксплуатации (от -60 до $+170$ °С), что способствует к устойчивости от деформационных процессов при резких климатических колебаниях. В то время как асфальтовое покрытие чувствительно к перепадам температуры (рабочий диапазон $-40...+35$ °С), что приводит к трещинообразованию и преждевременному износу полотна.



Рисунок 1. Переработанные бутылки ПЭТ

Пластиковое покрытие имеет длительный срок службы и высокую ремонтпригодность, а именно поврежденные участки дорожного полотна могут быть заменены без демонтажа всей конструкции(рисунок 2) и это не скажется на монолитности полотна в отличии аналога из асфальта, который требует регулярной реконструкции в связи с суровыми климатическими особенностями Российской Федерации.



Рисунок 2. Замена поврежденного участка дорожного полотна

С экологической и экономической точки зрения пластиковое покрытие является более практичным решением, так как изготавливается из вторичных полимеров, снижая объем отходов и потребление природных ресурсов. Водоотведение встроено конструктивно, что упрощает проектирование в сложных гидрологических условиях.

Пластиковое имеет меньшую массу и модульную конструкцию, что позволяет облегчить транспортировку и укладку покрытия. Помимо этого, пластиковые элементы допускают интеграцию «умных» технологий – светодиодной подсветки, датчиков и солнечных панелей, тогда как в асфальтовом варианте такие решения требуют внешней адаптации. В конце жизненного цикла пластиковое покрытие подлежит повторной переработке, в то время как асфальт чаще всего направляется на фрезеровку или используется как щебеночное основание, что ограничивает его вторичное применение.

Проведенный сравнительный анализ показывает, что пластиковое покрытие обладает рядом экономических и экологических преимуществ перед традиционным асфальтом. Оно менее подвержено к климатическим воздействиям, долговечно, пригодно к быстрой замене и позволяет реализовывать концепции устойчивой и «умной» инфраструктуры. Однако,

для его массового внедрения необходимо преодоление технологических и нормативных барьеров, связанных с сертификацией и адаптацией отечественных стандартов дорожного строительства. Далее в таблице 7 было сделано экономическое сравнение этих материалов на 30 летний период эксплуатации.

Таблица 7. Экономическое сравнение пластикового и асфальтового дорожного покрытия (за 30 лет)

Показатель	Асфальтовое покрытие	Пластиковое покрытие
Начальная стоимость строительства (млн руб/км)	20	35
Среднегодовые затраты на обслуживание (млн руб/км)	0.8	0.2
Срок службы без капитального ремонта (лет)	10	30
Частота капитального ремонта (раз за 30 лет)	2	0
Стоимость капитального ремонта (млн руб/км)	6	0
Потери из-за простоев в ремонте (млн руб/км за 30 лет)	5	1
Общие затраты за 30 лет (млн руб/км)	61	42

Пластиковое дорожное покрытие обладает более высокой экономической эффективностью в долгосрочной перспективе по сравнению с традиционным асфальтовым покрытием. Несмотря на высокую начальную стоимость строительства (35 млн руб./км против 20 млн руб./км), пластиковое покрытие компенсирует первоначальные инвестиции за счёт сниженных затрат на обслуживание, отсутствия капитальных ремонтов в течение 30 лет эксплуатации, а также минимальных потерь из-за простоев, связанных с ремонтными работами.

Общие затраты на весь жизненный цикл покрытия (30 лет) составляют:

- для асфальтовой дороги – 61 млн руб./км,
- для пластиковой дороги – 42 млн руб./км.

Из расчетов экономия при содержании автомобильной дороги с пластиковым полотном составляет 19 млн руб./км, что эквивалентно снижению совокупных расходов на 31%. Эти данные свидетельствуют о целесообразности внедрения пластиковых покрытий на участках с высокой эксплуатационной нагрузкой, особыми климатическими условиями или в рамках проектов устойчивой инфраструктуры, где важны как экономические, так и экологические показатели.

Внедрение указанных проектных и организационных решений при формировании землепользований под строительство автомобильных дорог позволяет существенно смягчить как экономические, так и экологические ограничения, присущие реализации инфраструктурных проектов промышленного назначения. Прежде всего, предварительное проведение инженерно-гидрологических изысканий и учет особенностей ландшафта дают возможность избежать ошибок в трассировке, минимизировать риск подтоплений и тем самым снизить затраты на аварийные ремонты и продлить срок службы дорожного полотна. Это снижает эксплуатационные расходы и повышает инвестиционную привлекательность проектов.

Оптимизация маршрутов с учетом частной собственности и приоритета сохранения сельхозугодий ведёт к сокращению затрат на выкуп земель и снижению конфликтности при реализации проектов. Такая практика особенно актуальна в регионах с высокой плотностью застройки или высокой аграрной ценностью земель, как, например, в Алтайском и Пермском краях. Учет потенциальной транспортной нагрузки на стадии проектирования позволяет повысить экономическую эффективность автодорог, обеспечивая их загрузку в долгосрочной перспективе и более быстрый возврат инвестиций.

Применение современных износостойких покрытий, таких как пластиковые панели, способствует снижению расходов на содержание дорог и увеличению межремонтных интервалов. Это особенно актуально в

регионах с выраженной сезонной неустойчивостью и сложными климатическими условиями таких как Алтайский и Пермский краев. Одновременно меры по сохранению биоразнообразия – строительство экодуков, установка ограждений и корректировка маршрутов в обход миграционных коридоров – позволяют избежать значительных компенсационных выплат и снижают вероятность штрафных санкций со стороны природоохранных органов.

Кроме того, интеграция зарядной инфраструктуры для электромобилей в транспортные проекты соответствует современным требованиям устойчивого развития и способствует привлечению частных инвестиций. Это не только увеличивает транспортную доступность территорий, но и снижает углеродный след дорожной сети, что напрямую влияет на экологическую устойчивость проектов.

Формирование землепользований под объекты инфраструктуры, в частности автомобильные дороги, сопряжено с рядом существенных экологических и экономических ограничений. Эти ограничения обусловлены как объективными природными особенностями территории (ландшафт, климат, экосистемы), так и действующим нормативно-правовым регулированием, направленным на сохранение окружающей среды, рациональное использование сельскохозяйственных и лесных ресурсов, соблюдение прав правообладателей земельных участков.

Практика показывает, что недостаточное внимание к интеграции экологических и экономических аспектов на этапе планирования и проектирования приводит к значительным финансовым издержкам, снижению окупаемости проектов, рискам аварийных ситуаций и социальному напряжению. В то же время внедрение инновационных решений – таких как использование износостойких пластиковых покрытий, строительство экодуков, интеграция зарядной инфраструктуры – способствует снижению эксплуатационных затрат, уменьшению негативного

воздействия на природу и росту инвестиционной привлекательности территорий.

Для преодоления выявленных барьеров необходим переход от фрагментарного подхода к комплексному управлению землепользованием, включающему:

- предварительные инженерно-экологические изыскания;
- обоснование маршрутов с учётом аграрной и природоохранной ценности земель;
- экономическую оценку альтернативных издержек;
- устойчивое проектирование с применением современных технологий.

Результаты исследования подтверждают необходимость формирования единой методологии, ориентированной на баланс между инфраструктурным развитием и экологической безопасностью, что особенно актуально в контексте пространственного развития таких регионов, как Алтайский и Пермский края, полученный опыт можно использовать в других регионах Российской Федерации. В долгосрочной перспективе это позволит обеспечить устойчивое использование земельных ресурсов, минимизировать ущерб окружающей среде и повысить эффективность инвестиционных вложений в транспортную инфраструктуру.

Список источников

1. «Земельный кодекс Российской Федерации» от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025) – [Электронный ресурс]. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)
2. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 01.03.2025) – [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (Дата обращения 29.05.2025 г.)
3. Федеральный закон «Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ (ред. от 08.08.2024) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

4. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

5. «Лесной кодекс Российской Федерации» от 4.12.2006 г. № 200-ФЗ (ред. от 26.12.2024) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

6. «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 26.12.2024) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

7. Федеральный закон «О мелиорации земель» от 10.01.1996 N 4-ФЗ (13.06.2023 г.) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8864/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

8. «Гражданский кодекс» Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ (ред. от 08.08.2024) – [Электронный ресурс].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (Дата обращения 29.05.2025 г.)

9. Индия: Пластиковые дороги: Последнее достижение в области обращения с отходами [Электронный ресурс]. <https://www.ijert.org/plastic-roads-a-recent-advancement-in-waste-management>

10. Медведев В. С. Токарев А. С. и др. Дорожное покрытие из пластика [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhnoe-pokrytie-iz-plastika>

References

1. «Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii» ot 25.10.2001 № 136-FZ (red. ot 20.03.2025) – [E`lektronny`j resurs].
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
2. Federal'nyj zakon «Ob ohrane okruzhayushhej sredy» ot 10.01.2002 g. № 7-FZ (red. ot 01.03.2025) – [E`lektronny`j resurs].
<https://docs.cntd.ru/document/901808297> (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
3. Federal'nyj zakon «Ob e`kologicheskoy e`kspertize» ot 23.11.1995 g. № 174-FZ (red. ot 08.08.2024) – [E`lektronny`j resurs].
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8515/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
4. «Vodnyj kodeks Rossijskoj Federacii» ot 03.06.2006 g. № 74-FZ (red. ot 08.08.2024) – [E`lektronny`j resurs].
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
5. «Lesnoj kodeks Rossijskoj Federacii» ot 4.12.2006 g. № 200-FZ (red. ot 26.12.2024) – [E`lektronny`j resurs].
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
6. «Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii» ot 29.12.2004 N 190-FZ (red. ot 26.12.2024) – [E`lektronny`j resurs].
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
7. Federal'nyj zakon «O melioracii zemel'» ot 10.01.1996 N 4-FZ (13.06.2023 g.) – [E`lektronny`j resurs].
https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8864/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)
8. «Grazhdanskij kodeks» Rossijskoj Federacii ot 30.11.1994 № 51-FZ (red. ot 08.08.2024) – [E`lektronny`j resurs].

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (Data obrashheniya 29.05.2025 g.)

9. Indiya: Plastikovy`e dorogi: Poslednie dostizhenie v oblasti obrashheniya s otxodami [E`lektronny`j resurs]. <https://www.ijert.org/plastic-roads-a-recent-advancement-in-waste-management>

10. Medvedev V. S. Tokarev A. S. i dr. Dorozhnoe pokry`tie iz plastika [E`lektronny`j resurs]. <https://cyberleninka.ru/article/n/dorozhnoe-pokrytie-iz-plastika>

© *Столяров В.М., Кочетов Я.С., Морозов Д.В., 2025. Московский экономический журнал, 2025, № 6.*