

УДК 621

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ «ЗЕЛЕННОГО» СЛЕДА РАЗЛИЧНЫХ
ВИДОВ ТРАНСПОРТА В КОНТЕКСТЕ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО
РАЗВИТИЯ**

Хомич Т.А., студентка гр. Л-26-25, 1 курс
Научный руководитель: Станкевич Д.В., к.э.н., доцент
Брестский государственный технический университет
г.Брест

В современном мире, где проблемы устойчивого развития и защиты окружающей среды становятся все более актуальными, транспортный сектор играет ключевую роль в формировании экологической политики. В условиях глобального перехода к устойчивости особое внимание уделяется анализу «зеленого» следа транспорта – его комплексному воздействию на окружающую среду. Каждый вид (автомобильный, железнодорожный или водный) имеет свои уникальные особенности влияния, включая выбросы углерода, потребление энергии и воздействие на экосистемы.

Актуальность этой проблемы подтверждается масштабами: по данным Международного энергетического агентства, на долю транспорта приходится около 64% мирового потребления нефти и 24% глобальных выбросов CO₂, связанных с энергетикой [2, 1]. При этом дорожные транспортные средства (легковые автомобили, грузовики, автобусы) составляют почти три четверти парниковых газов в этой отрасли [1]. Эти данные подчеркивают сильную зависимость сектора от ископаемых источников энергии и обуславливают необходимость перехода к более экологичным формам транспорта и логистики [1].

В данной ситуации минимизация «зеленого» следа транспорта становится важной задачей на глобальном уровне, которая напрямую способствует достижению Целей устойчивого развития ООН (ЦУР), утвержденных в 2015 году. Анализ ЦУР показывает, что транспорт непосредственно влияет на выполнение как минимум 10 из 17 целей – от обеспечения достойной работы и экономического роста до борьбы с изменением климата [2].

Цель статьи – провести сравнительный анализ экологического воздействия автомобильного, железнодорожного и водного транспорта и оценить их роль в достижении Целей устойчивого развития.

Автомобильный транспорт преобладает в транспортном секторе как основной источник загрязнения. На его долю приходится 79,5% всех выбросов парниковых газов от транспорта [6]. Преобладание автотранспорта подчеркивает необходимость акцента на его декарбонизации в рамках ЦУР 13, так как даже небольшое снижение выбросов может существенно замедлить глобальное потепление. Высокий уровень воздействия обусловлен не только абсо-

лютым количеством транспортных средств (более 1 миллиарда единиц), но и физико-химическими процессами их эксплуатации. При сжигании 1 литра бензина современный мотор потребляет около 200 литров кислорода, что превышает суточную норму потребления кислорода одним человеком. За год один автомобиль сжигает 1,5-2 тонны топлива и 20-30 тонн кислорода [6]. Изменение хотя бы одного элемента транспортной системы может привести к значительным экологическим преимуществам. Даже использование одного автомобиля требует значительных ресурсов, сравнимых с годовой потребностью в кислороде десятков людей. Продукты сгорания включают не только диоксид углерода, но и множество токсичных веществ, в том числе канцерогены (сажа, бензапирен), что создает прямые угрозы для здоровья населения (ЦУР 3) [6].

Воздействие автотранспорта на природу не ограничивается только выбросами в воздух. Развитие дорожной инфраструктуры неизбежно связано с изъятием значительных земельных ресурсов, разделению естественных мест обитания животных и их гибелью в результате столкновений с транспортными средствами [4]. Сохранение целостности экосистем актуально для ЦУР 15, где сохранение наземных экосистем требует баланса между инфраструктурным развитием и защитой разнообразия. Шумовое загрязнение и процесс отчуждения земель под инфраструктурные объекты дополнительно снижают качество жизни населения и наносят ущерб естественным экосистемам [4].

Кроме экологических проблем, автомобильный транспорт является причиной социального ущерба. Ежегодная смертность в результате дорожно-транспортных происшествий превышает 1,25 миллиона человек, при этом 90% летальных исходов фиксируются в странах с низким и средним уровнем дохода, где парк транспортных средств существенно меньше общемирового [2]. Эта статистика свидетельствует о глубоком социальном неравенстве современной модели автомобилизации, что противоречит основным принципам устойчивого развития. В условиях растущей урбанизации и автомобильной зависимости, необходимость в альтернативных транспортных решениях становится все более актуальной, что связано с ЦУР 11 об устойчивых городах.

Несмотря на перечисленные недостатки, автомобильный транспорт обладает важным логистическим преимуществом – доставкой грузов и пассажиров по принципу «от двери до двери» (Door-to-Door). Это делает его незаменимым элементом транспортных цепочек, особенно при перевозке готовой продукции и полуфабрикатов на короткие и средние расстояния [5].

Железнодорожный транспорт считается наиболее экологичным видом наземного транспорта. Его доля в общем объеме выбросов парниковых газов составляет всего 0,5% [4]. По сравнению с автомобилями, поезда выделяют значительно меньше парниковых газов – в среднем в 10-15 раз меньше. Это делает железнодорожный транспорт перспективным вариантом для масштабного перехода на более устойчивые логистические системы и соответствует ЦУР 9 об устойчивой инфраструктуре. Использование электричества на железных дорогах позволяет почти полностью исключить выбросы вредных ве-

ществ на местах эксплуатации подвижного состава, перенося нагрузку на электростанции [3]. Развитие электрификации железных дорог напрямую способствует достижению ЦУР 7, так как создает спрос на недорогие и чистые источники энергии и повышает общую энергоэффективность транспорта. Внедрение новых технологий, таких как легкие материалы и системы возврата энергии (например, во французских поездах AGV или японских «Синкансэн»), повышает энергоэффективность на 20–40% [6].

Однако, чтобы полностью оценить влияние железных дорог на экологию, нужно учитывать и специфические проблемы этой отрасли. Если перевозки на электрических магистралях относительно чистые, то инфраструктура и часть подвижного состава оказывают локальное, но интенсивное воздействие. Тепловозы с дизельными двигателями на неэлектрифицированных путях загрязняют атмосферу выхлопными газами [3]. Значительный вред наносят потери при транспортировке: утечки нефтепродуктов из цистерн загрязняют грунтовые воды (ЦУР 6), а перевозка сыпучих грузов (руда, уголь, удобрения) приводит к запылению территории вдоль путей [3]. Необходимо внедрение строгих норм и стандартов для обеспечения экологической безопасности железнодорожного транспорта, что отражает принципы ЦУР 12 о рациональном потреблении и производстве. Исторически сложилась проблема использования деревянных шпал, пропитанных ядовитыми составами, и балласта из асбеста, что создавало риски для здоровья путевых рабочих и загрязняло почву [4, 3]. Сейчас деревянные шпалы активно заменяют на железобетонные, но экологические последствия прошлого все еще дают о себе знать. Специальные производственные объекты, такие как шпалопропиточные заводы и станции для промывки вагонов, тоже являются источниками загрязнения и требуют постоянного контроля и обновления очистных систем [3].

В мировой логистике водный транспорт занимает особое место благодаря своей огромной грузоподъемности и возможности перевозить сверхтяжелые и негабаритные грузы между континентами с довольно низкой стоимостью [5]. Доля его выбросов составляет 7% от общего объема транспортных выбросов, что значительно ниже, чем у автомобильного транспорта [4]. Он отличается энергоэффективностью: по выбросам CO₂ на единицу груза уступает только трубопроводному транспорту. Эта эффективность делает водный транспорт важным звеном в цепи поставок, особенно для международной торговли, что соответствует ЦУР 9 в части развития устойчивой инфраструктуры и ЦУР 17 в контексте глобального партнерства.

Основная экологическая угроза водного транспорта – прямое воздействие на гидросферу и морское биоразнообразие, что создает риски для достижения ЦУР 6 «Чистая вода и санитария» и ЦУР 14 «Сохранение морских экосистем». Ключевыми негативными факторами являются аварийные разливы нефти и неочищенных сточных вод, ведущие к локальным катастрофам, а также шумовое загрязнение, дезориентирующее морских млекопитающих и нарушающее их навигацию, и коммуникацию [4]. Дополнительную нагрузку

на экосистемы создают выхлопные газы судов, включая оксиды серы и азота, которые попадают прямо в воду и способствуют ее закислению. Использование тяжелых сортов топлива сильно загрязняет воздух в портовых городах и прибрежных зонах [4]. Необходимо внедрять более строгие стандарты для судоходства с целью защиты морской экосистемы, что соответствует ЦУР 14.

В контексте целей устойчивого развития (особенно ЦУР 14) перед водным транспортом стоят задачи декарбонизации и минимизации совокупного негативного воздействия на окружающую среду. Стратегии Международной морской организации (ИМО) и положения «Зеленого курса» ЕС включают ряд мер для уменьшения экологического следа отрасли [4]. К ним относятся переход на более экологичное топливо, оптимизация маршрутов, практика снижения скорости (*slow steaming*) и улучшение систем управления отходами. Переход на экологичное топливо и оптимизация энергопотребления на флоте также способствуют достижению ЦУР 7 и ЦУР 12, снижая зависимость от ископаемого топлива и повышая эффективность использования ресурсов.

Несмотря на активную экологическую модернизацию, водный транспорт остается наименее изученным с точки зрения его долгосрочного воздействия на природу. Такие проблемы, как накопление микропластика в Мировом океане, распространение чужеродных видов с балластными водами и влияние подводного шума на китов, только недавно привлекли внимание ученых и требуют совершенствования методов контроля и нормативного регулирования. Тем не менее, с экономической точки зрения, для международной торговли сырьевыми товарами водный транспорт в будущем не имеет альтернативы, поэтому его экологическая модернизация становится приоритетной задачей мирового уровня [5].

Автомобильный транспорт характеризуется наибольшим экологическим воздействием среди рассматриваемых видов, поскольку на его долю приходится около 79,5% выбросов парниковых газов в транспортном секторе. Данный вид транспорта отличается высокой ресурсоемкостью, включая интенсивное потребление ископаемого топлива и кислорода, а также генерацию токсичных веществ, таких как сажа и бензапирен, что создает угрозу здоровью населения (ЦУР 3) и способствует фрагментации экосистем (ЦУР 15) за счет развития инфраструктуры и шумового загрязнения. Эти факторы противоречат достижению Целей устойчивого развития ООН ЦУР 11 (устойчивые города и населенные пункты), ЦУР 13 (борьба с изменением климата) и ЦУР 15 (сохранение экосистем суши), что осложняется социальными рисками, такими как повышенная смертность от дорожно-транспортных происшествий.

Железнодорожный транспорт демонстрирует существенно меньшее экологическое воздействие: его доля в выбросах парниковых газов составляет всего 0,5%, что обусловлено возможностью электрификации и повышенной энергоэффективностью, достигающей 20–40% за счет систем рекуперации энергии. Он способствует реализации ЦУР 7 (доступная и чистая энергия), ЦУР 9 (индустриализация, инновации и инфраструктура) и ЦУР 12 (ответственное потребление и производство) благодаря низким локальным эмисси-

ям. Тем не менее, сохраняются локальные проблемы, включая загрязнение от дизельных тепловозов, пыление сыпучих грузов и риски утечек нефтепродуктов, угрожающие качеству водных ресурсов (ЦУР 6), что требует дополнительных мер по минимизации инфраструктурных издержек.

Водный транспорт, на долю которого приходится 7% транспортных выбросов, выделяется энергоэффективностью на единицу перевозимого груза, соответствуя ЦУР 17 (партнерство в интересах устойчивого развития) и ЦУР 8 (достойная работа и экономический рост). Однако он оказывает прямое негативное влияние на гидросферу, проявляющееся в авариях с разливами нефти, шумовом загрязнении, закислении вод и распространении инвазивных видов, что угрожает ЦУР 14 (сохранение морских экосистем). Реализация стратегий Международной морской организации (ИМО), таких как *slow steaming* и переход на экологичное топливо, способствует смягчению этих рисков.

Железнодорожный и водный транспорт предпочтительны с точки зрения устойчивости по сравнению с автомобильным, так как минимизируют совокупный экологический след. Однако только комплексный подход, включающий системные инвестиции в электрификацию железнодорожных магистралей, переход судоходства на альтернативные виды топлива и корректировку тарифной политики для смещения грузопотоков, позволит достичь полноценного соответствия ЦУР и обеспечить комплексный результат в области устойчивого развития.

Список литературы:

1. Выбросы CO₂ на транспорте: анализ // Sigmaearth [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://sigmaearth.com/ru/transportation-co2-footprint-an-analysis/>. – Дата доступа: 20.03.2026.
2. Молокович, А.Д. Методология целей устойчивого развития транспорта / А. Д. Молокович // Бизнес. Инновации. Экономика. – 2022. – №6. – С.219–228.
3. Особенности охраны окружающей среды и экологической безопасности на железнодорожном транспорте // ECO portal [Электронный ресурс]. – 2024. – Режим доступа: <https://ecoportal.su/public/industry/view/1241.html>. – Дата доступа: 20.03.2026.
4. Станкевич, Д.В. Роль ESG–стратегии в устойчивом развитии транспортной логистики // Д.В. Станкевич, А.А. Лагодич / Логистика: современные тенденции развития : материалы XXIII Междунар. науч.-практ. конф. 4, 5 апреля 2023 г. / отв. ред. В. С. Лукинский. Ч. 2. – СПб. : Изд-во ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2024. – С.216–221.
5. Станкевич, Д.В. Роль транспорта в экономике Республики Беларусь // Д.В.Станкевич / Логистические системы в глобальной экономике : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (31 марта – 01 апреля 2022 г., Красноярск) : электрон. сб. ; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2022. – Ч.1. Научно-исследовательский сектор. – С. 259–262.

6. Экологичные виды транспорта // UNDP [Электронный ресурс]. – 2025. –
Режим доступа: <https://climate-box.com/ru/textbooks>. – Дата доступа:
20.03.2026.