

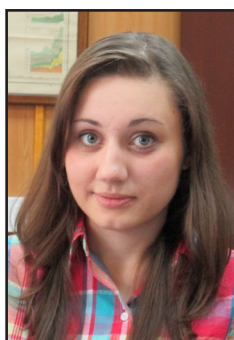


# «Экологический императив» и инновационное развитие транспорта



Дмитрий МАЧЕРЕТ  
Dmitry A. MACHERET

Анастасия ИЗМАЙКОВА  
Anastasia V. IZMAIKOVA



*Мачерет Дмитрий Александрович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика строительного бизнеса и управление собственностью» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.*

*Измайкова Анастасия Валерьевна – младший научный сотрудник Объединённого учёного совета ОАО «РЖД», Москва, Россия.*

**«Ecological Imperative» and Innovative Development of Transport**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 27)

**В статье рассмотрена одна из ключевых характеристик новой промышленной революции – повышение экологичности производства или «экологический императив». Сформированы направления повышения экологичности в транспортной отрасли, проведен анализ ряда изобретений (инновационных предложений), способствующих реализации экологического императива.**

**На основе анализа представлена матричная классификация подобных инноваций, значимых для транспорта, прежде всего – железнодорожного.**

**Сделаны выводы относительно задач долгосрочного развития железнодорожного транспорта с целью повышения его экологичности, адекватной реакции на глобальные вызовы будущего.**

*Ключевые слова:* железнодорожный транспорт, экологический императив, инновационное развитие, экономический рост, энергоэффективность, бионика.

**П**оявление железных дорог стало одним из результатов промышленной революции начала XIX века, открывшей новую эпоху в экономической истории человечества – эпоху современного экономического роста. Всё дальнейшее, почти двухвековое, развитие железнодорожной отрасли происходило в тесной взаимосвязи с последующими промышленными революциями, которые по-разному классифицируются различными исследователями, но при любой классификации очевидно как их воздействие на развитие железных дорог, так и то, что это развитие, в свою очередь, способствовало развёртыванию каждой очередной промышленной революции и формированию предпосылок к новой [1].

Поэтому, прогнозируя перспективы железнодорожной отрасли и транспорта вообще, стремясь уже сейчас подготовить возможные ответы на вероятные будущие вызовы, надо очень чутко отслеживать новые тенденции в экономическом развитии, чтобы не упустить начало очередной промышленной революции, которая, безусловно, породит как новые требования, так и новые возможности для транспорта.

По мнению Питера Марша, известного британского специалиста, новая, пятая по его классификации, промышленная революция разворачивается уже сейчас. Она «началась около 2005 года и продлится примерно до 2040 года, но возможно, что в полной мере её эффект сможет проявиться лишь к концу столетия» [2, с. 363].

Одна из ключевых характеристик новой промышленной революции, на которой надо сфокусировать внимание — повышение экологичности производства, или, по терминологии Марша, «экологический императив». Следует отметить необходимость взвешенного и осторожного отношения к экологическому аспекту развития. При всей очевидной важности экологических проблем многие экономисты высказывают скептическое отношение к «апокалиптическим» заключениям ряда экспертов-экологов о последствиях влияния промышленного производства на окружающую среду [3, с. 526–556] или даже дают негативные оценки некоторым действиям в защиту окружающей среды [4, с. 286].

Представляется, что наиболее взвешенным с экономической точки зрения является подход Дипака Лала, подкрепленный позицией ряда видных специалистов, согласно которому «экологическая экономика» в её правильном понимании сводится к применению анализа соотношения издержек и результатов на основе принципов экономики благосостояния [5, с. 381].

П. Марш при рассмотрении экологических аспектов новой промышленной революции, хотя и не декларирует подобных теоретических подходов, также увязывает экологичность и экономичность. И, соответственно, не противопоставляет сохранение окружающей среды экономическому росту, а показывает возможности реализации и того, и другого. По его мнению, для новой промышленной революции будут характерны «экономное распоряжение ресурсами и минимизация воздействия на окружающую среду... Это будет мир, в котором рост экономики будет продолжаться, но при этом производство впервые в истории станет снижать воздействие на окружающую среду вместо увеличения этого воздействия» [2, с. 211].

Достижение таких целей видится за счет сочетания разных тематических направлений:

– снижения энергопотребления и водопотребления, прежде всего — за счет совершенствования конструкций потребляющих устройств;

– снижения экологической нагрузки благодаря применению высокопрочных износостойких материалов;

– ликвидации ненужных производственных этапов и связанных с ними вредных выбросов и других видов экологического воздействия;

– переработки вторичного сырья, что решает сразу две проблемы: ликвидирует свалки отходов и снижает объемы использования первичных ресурсов (полезных ископаемых).

Последнее направление наиболее полно может быть реализовано в рамках «экономики замкнутого цикла», предполагающей «непрерывный цикл переработки материалов, соединяющий старую и новую продукцию» [2, с. 224–225]. Благодаря этому возможно сочетание экологичности и прибыльности производства. «Если <...> добиться эффективной работы подобной замкнутой системы оборота материалов, то исходные материалы в такой системе, по определению, добываются легко и весьма дешево. Благодаря низким затратам компании, работающие по такому принципу, могут поставить себе задачей достижение более высоких показателей прибыли по сравнению со своими конкурентами...» [2, с. 225]. Таким образом, говоря об «экологическом императиве», Марш не прибегает к расхожему тезису «есть вещи поважнее прибыли и конкуренции», а показывает, в том числе и на ряде примеров, как экологичность продукции повышает эффективность и конкурентоспособность производителя.

Влияние «экологического императива» на железнодорожный транспорт можно рассматривать в разных аспектах.

Во-первых, снижение потребления ископаемых источников сырья для производства энергии и материалов сократит (по крайней мере, относительно объемов промышленного производства и ВВП, а, возможно, и абсолютно) добычу и, следовательно, перевозки полезных ископаемых. Учитывая, что данные грузы доминируют в структуре железнодорожных перевозок, это окажет существенное негативное влияние на их объемы. Увеличение перевозок вторсырья, скорее





**Таблица 1**  
**Классификация изобретений (инновационных предложений), соответствующих «экологическому императиву» и значимых для транспорта**

Снижение энергопотребления и возобновляемой энергетики	<p>Инновации, реализуемые на железнодорожном транспорте, а также на других видах транспорта, позволяющие обеспечить синергию с развитием железных дорог.</p> <p>Уникальная беспроводная технология для двигателей – датчик, способный без проводов передавать информацию о температуре двигателя, позволяющий избежать транспортные средства от проводов и снизить энергопотребление.</p>	<p>Инновации, реализуемые на других видах транспорта, которые могут дать им конкурентные преимущества на рынке перевозок.</p> <p>Проект высокоскоростных энергоэффективных магнитопланов – прототип трубы для поездов на магнитной подвеске, внутри которой воздушное сопротивление в 10 раз ниже, чем атмосферное давление на уровне моря, что дает возможность магнитопланам перемещаться практически бесшумно, при этом тратя на порядок меньше энергии.</p>	<p>Инновации в иных, нетранспортных, отраслях, абсорбирование которых железнодорожным и другими видами транспорта открывает новые возможности по повышению эффективности деятельности транспортных компаний.</p> <p>Магнитный чип – магнитный чип, потребляющий для проведения вычислений минимально возможное количество энергии, практически равное пределу Ландауэра, что в миллион раз меньше, чем аналогичные энергетические затраты в современных процессорах.</p> <p>Энергоэффективное регулирование температуры в зданиях – замена кондиционеров зеркалами, перенаправляющими излучение тепла в космос.</p> <p>Прозрачная солнечная батарея – способная поглощать ультрафиолетовое излучение и применяемая в самых разных конструкциях, получающей энергией от которой можно будет заряжать сотовые телефоны, датчики для измерения температуры и другие приборы.</p> <p>Солнечные батареи, способные генерировать электричество как в солнечную, так и в дождливую погоду.</p>
Снижение CO <sub>2</sub> развигие возобновляемой энергетики	<p>Пассажирский экспресс Solar Bullet – специальный проект высокоскоростного пассажирского экспресса с энергетическим снабжением от эффективных солнечных батарей.</p> <p>Железнодорожная электростанция – пилотный проект выработки и хранения энергии при помощи железной мини-дороги, считающийся лучшим вариантом решения проблемы запаса энергии.</p> <p>Проект транспортной системы Nurelvoor («Пиперглия») – пассажирские капсулы из алюминиевого сплава, перевозящиеся со скоростью до 1200 км/ч по специальному трубопроводу низкого давления, подвешенного над землей на опорах, без выбросов CO<sub>2</sub> и с низким энергозатратами.</p> <p>SkyTrain – инновационный городской транспорт – небольшие капсулы, построенные из композитных материалов, вмещающие до 2 человек, удерживаемые на монорельсе на высоте шести метров с помощью магнитной левитации. Основная идея проекта: замена автомобилей экологически чистым транспортом, который в перспективе можно оснастить солнечными батареями.</p>	<p>Электромобили с использованием графеновых батарей – графен позволяет сделать легкие прочные аккумуляторы с огромной емкостью, способные заряжаться от возобновляемых источников энергии.</p> <p>Stella – автомобиль на солнечных батареях – первый в мире, за счет малого веса обеспечивающий высокую дальность пробега.</p>	<p>Спрей, превращающий любую поверхность в батарею – метод, позволяющий превратить традиционный аккумулятор в жидкость, которая затем может быть нанесена на любую поверхность как краска из баллончика, для создания источника питания.</p> <p>Дискционное получение энергии из бактерий основано на их способности выделять электрический заряд изнутри клетки.</p>
Применение высокотехнологичных энергоэффективных материалов	<p>Полностью электрический самолет – самолет с единой централизованной системой электроснабжения, которая обеспечивала бы все его энергетические потребности.</p> <p>Система MagLev – основанная на использовании магнитной подвески, система MagLev Levitation поднимет уровень движения общественного транспорта выше уровня наземных магистралей и сделает движение транспортных кабин независимым от пробок, аварий и других неприятностей наземного транспортного движения при отсутствии выбросов CO<sub>2</sub>.</p> <p>Технология Super-MagLev – позволяющая избежать сопротивление воздуха, что в теории позволит поездам на магнитной подвеске разогнаться до скоростей в 3 тысячи километров в час.</p>	<p>Грузовые фуры на графеновых суперконденсаторах – новая модель тентованного фургона с предустановленной гибридной системой двигателя, экономящая около 25% топлива, а также сокращающая вредные выбросы.</p> <p>Инновационная технология восстановления шин использует герметик для самостоятельного восстановления шин.</p>	<p>Перовскитовые солнечные батареи – батареи, изготовленные из нового материала – перовскита, дающего возможность получать энергию по цене 2,7 доллара за ватт по сравнению с 3,9 доллара за ватт у современных солнечных батарей.</p> <p>Гибридные кристаллы – черные кристаллы на перовскитовой матрице, с очень низким энергопотреблением.</p> <p>Воздухоподушка – автомобиль, имеющий пневматический двигатель, для работы которого используется сжатый воздух.</p> <p>Трибоэлектрический генератор – устройство, которое вырабатывает электричество в результате трения между двумя поверхностями.</p> <p>Тяговый двигатель, использующий энергию микроволн и потому не нуждающийся в топливе.</p> <p>Технология, позволяющая превращать воду и углекислый газ в жидкое топливо – жидкие углеводороды, синтетический бензин, керосин и дизельное топливо.</p>
Применение высокотехнологичных энергоэффективных материалов	<p>Нет данных в использованной выборке</p>	<p>Сверхпрочная сталь для экономии топлива – новая сверхпрочная сталь третьего поколения, позволяющая снизить расход топлива за счет уменьшения веса транспортного средства.</p> <p>Электробетон, самостоятельно очищающий себя от снега и льда – способный нагревать сам себя и плавить скопившиеся на нем образования, при этом покрытие абсолютно безопасно для человека и любой техники.</p> <p>Аккумуляторы на углеродных батареях – на новых, графеновых, выдерживающие до трех тысяч циклов перезарядки без потери емкости, против нескольких сотен у современных литий-ионных батарей.</p>	<p>Технология, позволяющая превращать воду и углекислый газ в жидкое топливо – жидкие углеводороды, синтетический бензин, керосин и дизельное топливо.</p> <p>Сверхпрочная сталь для экономии топлива – новая сверхпрочная сталь третьего поколения, позволяющая снизить расход топлива за счет уменьшения веса транспортного средства.</p> <p>Электробетон, самостоятельно очищающий себя от снега и льда – способный нагревать сам себя и плавить скопившиеся на нем образования, при этом покрытие абсолютно безопасно для человека и любой техники.</p> <p>Аккумуляторы на углеродных батареях – на новых, графеновых, выдерживающие до трех тысяч циклов перезарядки без потери емкости, против нескольких сотен у современных литий-ионных батарей.</p>

			<p>Сверхпрочный алюминий — такой же лёгкий, как алюминий, металл, но в двадцать пять раз прочнее.</p> <p>Ванадиевые батареи — способны работать практически вечно.</p> <p>Деревянное стекло — крепкий, дешёвый, возобновляемый и очень податливый инновационный материал на основе древесных волокон, нашедший свое применение в производстве окон и солнечных панелей в качестве более дешевой альтернативы традиционному кремниевому стеклу.</p> <p>Нет данных в использованной выборке.</p>
Ликвидация ненужных производственных этапов	Вагонно-электрический комплекс с применением мощного средства «О-БИС» — экологически безопасная, ресурсосберегающая технология отливки котлов железнодорожных цистерн, особенно-стью которой являются одновременная дегазация от остаточного газа и отливка внутренней поверхности котла.	Самолеты с напечатанными 3D-детальками — новый метод производства металлических деталей самолетов с помощью трехмерной печати, который позволит экономить топливо, материалы и другие ресурсы. StreetScooter C16 — электромобиль, изготовленный на 3D-принтере — прототип малопартичного электрического автомобиля, практически весь кузов которого и большая часть других деталей были изготовлены при помощи промышленного трехмерного принтера, способного печатать несколькими различными материалами.	
Бюника	Поезда-невидимки: новую японскую железную дорогу — новыи дзиган-хамеюн сверхскоростных поездов, которые будут сплываться с окружающей местностью, обеспечивая гармонично транспорта и природной среды. Технология создания «живых» автомобилей — из биологических материалов, которые могут изменяться и адаптироваться к окружающей среде.	Нет данных в использованной выборке.	Небюлисея стекло — новая технология обработки стекла, благодаря которой удалось значительно повысить его прочность, подсклана свойствами панширей моллосков.

всего, не компенсирует снижения перевозок полезных ископаемых. Но и для роста перевозок вторсырья железнодорожники должны предпринять специальные меры — в отличие от транспортировки угля и руды этот сектор рынка будет более конкурентным. Очевидно, понадобятся как новые типы вагонов, так и новая логистика доставки грузов.

В еще большей степени, чем общие объемы перевозок, изменится их распределение по направлениям. Грузопотоки из мест добычи полезных ископаемых к местам их переработки или портам будут частично замещены грузопотоками из мест концентрации вторсырья к местам его переработки. Такое перераспределение надо будет учитывать при планировании развития инфраструктуры и тягового обеспечения перевозок. Кроме того, грузопотоки вторсырья будет, вероятно, труднее маршрутизировать, чем грузопотоки полезных ископаемых, особенно это касается отправительской маршрутизации. Соответственно сложнее будет обеспечивать высокие веса поездов, снижая на этой основе себестоимость перевозок.

Конечно, все эти изменения — дело перспективы, причем, наверное, не очень близкой — пока «экономика замкнутого цикла» находится на начальной стадии и её влияние на объемы и структуру железнодорожных перевозок проявится не скоро. Тем не менее начинать готовиться к этим изменениям, хотя бы концептуально, надо уже сегодня. Нельзя уподобляться «плохим экономистам» (по выражению Г. Хазлитта), легкомысленно пренебрегающим перспективой [6, с. 19].

Во-вторых, повышение требований к экологичности глобальных цепочек создания стоимости может способствовать переходу части грузопотоков с менее экологичного автомобильного и водного транспорта на железные дороги. Так, европейская программа «Shift2Rail», ставящая эту цель, во многом основывается именно на экологической мотивации. А, например, в Японии решающим аргументом в пользу частичного замещения морского трафика железнодорожной перевозкой на одной из корреспонденций стало снижение вредных выбросов.

Однако надо принимать во внимание, что одними экологическими преимуществами, без эффективного сочетания цены и качества перевозки, конкурентоспособность железных дорог обеспечить нельзя. Да и другие



виды транспорта активно работают над повышением экологичности в рамках концепции «зеленого» транспорта и развития технологий «зеленой» логистики, актуальность и востребованность которой показана в работе [7].

Концепцию «зеленого» транспорта необходимо увязать с общим «экологическим императивом» новой промышленной революции таким образом, чтобы совместить высокую экологичность и эффективность.

В настоящее время в рамках повышения экологичности железнодорожного транспорта акцент делается на снижении вредных выбросов, шума и удельного энергопотребления. Последнее («энергоэффективность») полностью сочетается с задачей повышения экономической эффективности.

Повторное использование или утилизация материалов на железных дорогах также традиционно применяются (и всегда рассматривались именно как меры по сокращению затрат, а не с позиций снижения экологической нагрузки), однако реализация в отрасли концепции «экономики замкнутого цикла» — дело будущего. Как показывают примеры из других отраслей, для этого может потребоваться уменьшение количества видов материалов, используемых для изготовления железнодорожных технических средств и конструкций (чтобы упростить их переработку).

Следует упомянуть, что концепция экономики замкнутого цикла предусматривает также «необходимость ремонта и перепродажи вещей, которые перестали соответствовать требованиям первоначальных владельцев» [2, с. 225].

С этой точки зрения в указанную концепцию (даже без всякой перепродажи) хорошо вписывается капитальный ремонт технических средств с продлением срока их службы, в проведении которого на железнодорожном транспорте накоплен большой опыт. (Безусловно, его реализация не должна противоречить требованиям эффективности и безопасности перевозок).

Повышение экологичности железнодорожного транспорта требует также применения экологичных материалов и материалов с повышенной прочностью и износостойкостью. Выполнение этого условия позволяет снижать затраты за жизненный цикл соот-

ветствующих технических средств или устройств.

Для оценки перспектив и направлений реализации «экологического императива» в сфере транспорта проведен анализ ряда изобретений (инновационных предложений) по данным источников [8–43]. Они классифицированы по следующим направлениям:

- снижение энергопотребления и водопотребления;
- сокращение выбросов  $\text{CO}_2$ , в том числе на основе развития возобновляемой энергетики (использование ветровой, солнечной, различных видов гидроэнергетики и др.);
- применение высокопрочных износостойких эффективных материалов;
- ликвидация ненужных производственных этапов;
- бионика (прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы).

Кроме того, в перспективе повышенное внимание должно быть уделено инновациям, обеспечивающим переработку вторичного сырья и реализующим на транспорте принципы безотходной экономики замкнутого цикла.

С точки зрения применения этих инноваций на транспорте (с фокусированием внимания на железных дорогах) или их влияния на транспортную сферу, они классифицированы по трем категориям:

- инновации, реализуемые на железнодорожном транспорте, а также на других видах транспорта, позволяющие обеспечить синергию с развитием железных дорог;
- инновации, реализуемые на других видах транспорта, которые могут дать им конкурентные преимущества на рынке перевозок;
- инновации в иных, нетранспортных, отраслях, абсорбирование которых железнодорожным и другими видами транспорта открывает новые возможности по повышению эффективности деятельности транспортных компаний.

(Такая группировка является модификацией классификации инноваций, значимых для железнодорожного транспорта, предложенной в работе [44]).

Получившаяся матричная классификация инноваций, соответствующих «экологическому императиву» и значимых для транспорта, прежде всего — железнодорожного, показана в таблице 1.

На основе проведенного анализа изобретений (инновационных предложений), сформированных в рамках экологической парадигмы и значимых для долгосрочного развития транспорта, можно сделать ряд существенных **выводов**.

Из пяти выделенных направлений реализации экологической парадигмы наиболее активно развивается направление, связанное со снижением выбросов CO<sub>2</sub> и использованием возобновляемой энергии. При этом большая часть изобретений и инноваций как по данному направлению, так и в целом осуществляется в нетранспортных отраслях (что вполне естественно). Для повышения экологичности железнодорожного и других видов транспорта требуется целевая абсорбция, а затем — диффузия таких инноваций.

На конкурирующих с железными дорогами видах транспорта — автомобильном и авиационном — имеется ряд перспективных для внедрения изобретений, которые могут дать им конкурентные преимущества в плане экологичности. Это требует от железнодорожников адекватного реагирования.

Большинство инноваций, непосредственно затрагивающих железнодорожный транспорт, связано с инновационными транспортными системами, имеющими потенциал для синергии с развитием железных дорог. Для реализации этого потенциала нужна целенаправленная научно-техническая и экономическая политика.

Необходима кардинальная активизация разработок в области новых высокопрочных износостойких эффективных материалов для железнодорожного транспорта (а также диффузии разработок, имеющих в иных отраслях) и в области создания новых технологий, сокращающих количество производственных этапов.

Следует обратить внимание на недостаточную активность в сфере радикальных инноваций, снижающих энергопотребление и водопотребление на железнодорожном транспорте. В отрасли происходит преимущественно диффузия ранее создан-

ных инноваций (таких, как система «Эльбрус»), но нужны и новые изобретения, которые позволили бы динамично повышать энергоэффективность железных дорог в стратегической перспективе.

Требуют больших усилий и поддержки инновации в рамках пока непривычного направления «бионика», которые могут касаться не только использования свойств конкретных объектов живой природы, но и механизмов взаимодействия между ними, таких, например, как симбиоз, могущий служить основой гармонизации взаимодействия различных транспортных систем и технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Инновационное развитие железнодорожного транспорта в контексте промышленных революций // Вектор транспорта. — 2015. — № 4. — С. 60–63.
2. Марш П. Новая промышленная революция. Потребители, глобализация и конец массового производства. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2015. — 420 с.
3. Мэддисон Э. Контуры мировой экономики в 1–2030 гг. Очерки по макроэкономической истории. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2012. — 584 с.
4. Ландсбург С. Экономист на диване: экономическая наука и повседневная жизнь. — М.: Изд-во Института Гайдара, 2012. — 304 с.
5. Лал Д. Возвращение «невидимой руки»: Актуальность классического либерализма в XXI веке. — М.: Новое издательство, 2009. — 426 с.
6. Хазлитт Г. Экономика за один урок. — М.: Вильям, 2007. — 256 с.
7. Мухина И. И., Смирнова А. В. «Зеленая» логистика // Мир транспорта. — 2016. — № 1. — С. 186–190.
8. Русское «ноу-хау»: в петербургском Политехе создана уникальная беспроводная технология для двигателей. [Электронный ресурс]: <https://ruposters.ru/news/13-11-2014/russkoe-nou-xau-v-peterburgskom-politexe-sozdana-unikalnaya-besprovodnaya-texnologiya-dlya-dvigatelej>. Доступ 01.06.2016.
9. Физики создали почти не потребляющий энергии магнитный чип. [Электронный ресурс]: <http://news.ifresh.ws/40702-fiziki-sozdali-pochti-ne-potrebluyuschiy-energii-magnitnyiy-chip.html>. Доступ 01.06.2016.
10. Разработана первая в мире прозрачная солнечная батарея. [Электронный ресурс]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15769/>. Доступ 01.06.2016.
11. «Магнитный» поезд доставит из Парижа в Москву за час. [Электронный ресурс]: <http://hitech.vesti.ru/news/view/id/4747>. Доступ 01.06.2016.
12. Созданы солнечные панели, способные генерировать электричество даже в дождь. [Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/technology/sozdany-solnechnye-paneli-sposobnye-generirovat-elektrichestvo-dazhe-v-dozhd.html>. Доступ 01.06.2016.
13. Sprey, превращающий любую поверхность в батарею. [Электронный ресурс]: [https://r-ht.ru/interesting/novosti/sprej\\_prevrashhajushhij\\_ljubuju\\_poverkhnost\\_v\\_batareju/1-1-0-525](https://r-ht.ru/interesting/novosti/sprej_prevrashhajushhij_ljubuju_poverkhnost_v_batareju/1-1-0-525). Доступ 01.06.2016.
14. Stella — автомобиль на солнечных батареях для всей семьи. [Электронный ресурс]: <http://24gadget.ru/1161054356-stella-avtomobil-na-solnechnyh-batareyah-dlya-vsey-semi.html>. Доступ 01.06.2016.





15. Достигнута возможность дистанционного получения энергии из бактерий. [Электронный ресурс]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15176/>. Доступ 01.06.2016.
16. Сочетание разных материалов дает высокую конверсионную эффективность. [Электронный ресурс]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15817/>. Доступ 01.06.2016.
17. Гибридный кристалл раздвигает границы эффективности светодиодных ламп. [Электронный ресурс]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15808/>. Доступ 01.06.2016.
18. Воздухомобиль (пневмомобиль). [Электронный ресурс]: <http://greenevolution.ru/enc/wiki/vozduхомobil-pnevмомobil/>. Доступ 01.06.2016.
19. Solar Bullet – проект скоростного пассажирского экспресса с энергоснабжением от солнечных батарей. [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/energy/191-solar-bullet-proekt-skorostnogo-passazhirskogo.html>. Доступ 01.06.2016.
20. Разработана новая высокоэффективная технология, позволяющая превращать воду и углекислый газ в жидкое топливо [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/eco/6493-gazrabotana-novaya-vysokoeffektivnaya-tehnologiya-pozvolayayushchaya-prevrashchat-vodu-i-uglekislyy-gaz-v-zhidkoe-toplivo.html>. Доступ 01.06.2016.
21. В России создается полностью электрический самолет. [Электронный ресурс]: <http://www.popmech.ru/technologies/15737-v-rossii-sozdaetsya-polnostyu-elektricheskiy-samolet/>. Доступ 01.06.2016.
22. Городской общественный транспорт будущего – система на магнитной подвеске MagLev. [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/1248-gorodskoj-obshhestvennyj-transport-budushhego-sistema-na-magnitnoj-podveske-maglev.html>. Доступ 01.06.2016.
23. Технология Super-Maglev позволит поездам на магнитной подушке развивать скорость до 3000 километров в час. [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/5893-tehnologiya-super-maglev-pozvolit-poezdam-na-magnitnoj-podushke-razvivat-skorost-do-3000-kilometrov-v-chas.html>. Доступ 01.06.2016.
24. Графеновые суперконденсаторы поднимают эффективность грузовых автоперевозок на 25 процентов. [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/8085-grafenovyie-superkondensatory-podnimayut-effektivnost-gruzovyh-avtoperevozok-na-25-procentov.html>. Доступ 01.06.2016.
25. Будущее, в лице транспортной системы Skytran, прибывает в Тель-Авив. [Электронный ресурс]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/5040-budushee-v-lice-transportnoy-sistemy-skytran-pribivaet-v-tel-aviv.html>. Доступ 01.06.2016.
26. Новый тончайший материал для аккумуляторов с огромной ёмкостью. [Электронный ресурс]: <http://telegraf.com.ua/tehnologii/1303588-novyiy-tonchayshiy-material-dlya-akkumulyatorov-s-ogromnoy-emkostyu.html>. Доступ 01.06.2016.
27. Трибоэлектрическая революция? [Электронный ресурс]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/triboelektricheskaya-revolutsiya>. Доступ 01.06.2016.
28. Грузите электричество вагонами! [Электронный ресурс]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/gruzite-elektrichestvo-vagonami>. Доступ 01.06.2016.
29. В NASA протестировали двигатель, работающий без топлива и опровергающий законы физики. [Электронный ресурс]: <http://www.newsru.com/world/04aug2014/emdrive.html>. Доступ 01.06.2016.
30. Первый взгляд на транспортную систему нового поколения от компании Hyperloop. [Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/technology/pervyy-vzglyad-na-transportnuyu-sistemu-novogo-pokoleniya-ot-kompanii-hyperloop-one.html>. Доступ 01.06.2016.
31. Сверхпрочная сталь для экономии топлива. [Электронный ресурс]: <http://evonews.org/news/interesnie-novosti/5126-sverhprochnaya-stal-dlya-ekonomii-topliva.html>. Доступ 01.06.2016.
32. Новый бетон спасёт дороги от обледенения, а корпорации – от промышленного шпионажа. [Электронный ресурс]: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2712198&cid=2161>. Доступ 01.06.2016.
33. Технология восстановления шин. [Электронный ресурс]: <https://ig-store.ru/news/transport/13961-tehnologiya-vosstanovleniya-shin>. Доступ 01.06.2016.
34. Новые японские батареи сделают электромобили дешевле и безопаснее. [Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/technology/novye-yaponskie-batarei-sdelayut-elektromobili-deshvele-i-bezopasnee.html>. Доступ 01.06.2016.
35. Российские ученые превращают алюминий в сталь. [Электронный ресурс]: <https://rusevik.ru/interesnoe/165750-rossiyskie-uchenye-prevrashchayut-aluminiy-v-stal.html>. Доступ 01.06.2016.
36. Создана проточная батарея высокой ёмкости. [Электронный ресурс]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2015/sozdana-protocchnaya-batareya-vysokoi-emkosti>. Доступ 01.06.2016.
37. Ученые из Швеции создали «деревянное стекло». [Электронный ресурс]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2016/uchenye-iz-shvetsii-sozdali-derevyannoe-steklo>. Доступ 01.06.2016.
38. Вагономоечный комплекс с применением мощного средства «О-БИС». [Электронный ресурс]: [http://www.saveplanet.su/tehno\\_305.html](http://www.saveplanet.su/tehno_305.html). Доступ 01.06.2016.
39. 3D-печать позволяет добиться уменьшения веса деталей самолетов и упростить их производство. [Электронный ресурс]: <http://nmm.me/blogs/sep716/3d-pechat-pozvolyaet-dobitsya-umensheniya-vesa-detaley-samoletov-i-uprosit-ih-proizvodstvo/>. Доступ 01.06.2016.
40. StreetScooter C16 – прототип электрического автомобиля, изготовленного при помощи трехмерного принтера. [Электронный ресурс]: <https://oko-planet.su/science/sciencenews/262138-streetscooter-c16-prototip-elektricheskogo-avtomobilya-izgotovlennogo-pri-pomoschitrehmernogo-printera.html>. Доступ 01.06.2016.
41. Поезд-невидимка сливается с окружающей средой. [Электронный ресурс]: <http://www.popmech.ru/technologies/236988-poezd-nevidimka-slivaetsya-s-okruzhayushchey-sredoy/>. Доступ 01.06.2016.
42. В будущем автомобили научатся сами себя ремонтировать. [Электронный ресурс]: <http://hronika.info/tehnologii/32520-v-buduschem-avtomobili-nauchatsyasami-sebya-remontirovat.html>. Доступ 01.06.2016.
43. Ученые придумали небьющееся стекло на основе структуры панциря моллюсков. [Электронный ресурс]: <https://hi-news.ru/technology/uchenye-primdumali-nebyushcheessteklo-na-osnove-struktury-pancirya-mollyuskov.html>. Доступ 01.06.2016.
44. Измайкова А. В. Инновации, значимые для железнодорожного транспорта // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2014. – № 3. – С. 53–69. ●

Координаты авторов: **Мачерет Д. А.** – [macheretda@rambler.ru](mailto:macheretda@rambler.ru),  
**Измайкова А. В.** – [anastasiya.izmaykova@mail.ru](mailto:anastasiya.izmaykova@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 09.06.2016, принята к публикации 30.09.2016.

## «ECOLOGICAL IMPERATIVE» AND INNOVATIVE DEVELOPMENT OF TRANSPORT

**Macheret, Dmitry A.**, Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.  
**Izmaikova, Anastasia V.**, Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The article considers one of the key characteristics of the new industrial revolution which is the increase in environmental friendliness of production or the «ecological imperative». Areas for improving environmental friendliness in the transport sector have been identified, and a number of inventions (innovative proposals) have been analyzed that contribute to the

implementation of the ecological imperative. On the basis of the analysis, a matrix classification of innovations is presented, representing innovations significant for transport, primarily railway. Conclusions are drawn regarding the long-term development of rail transport in order to improve its environmental friendliness, an adequate response to the global challenges of the future.

**Keywords:** railway transport, ecological imperative, innovative development, economic growth, energy efficiency, bionics.

**Background.** The appearance of railways became one of the results of the industrial revolution of the beginning of the 19<sup>th</sup> century, which opened a new era in the economic history of mankind – the era of modern economic growth. All the further, almost two-centuries long, development of the railway industry occurred in close relationship with subsequent industrial revolutions, which are differently classified by different researchers, but under any classification it is obvious that they had impact on the development of railways and that this development, in turn, contributed to the deployment of each subsequent industrial revolution and the formation of prerequisites for a new one [1].

Therefore, while forecasting the prospects of the railway industry and transport in general, trying now to prepare possible answers to probable future challenges, it is necessary to very carefully monitor new trends in economic development in order not to miss the start of another industrial revolution that will certainly generate both new requirements and new opportunities for transport.

**Objective.** The objective of the authors is to consider «ecological imperative» and innovative development of transport.

**Methods.** The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, statistical analysis.

**Results.** According to Peter Marsh, a well-known British specialist, the new, fifth according to his classification, industrial revolution is unfolding now. It «began around 2005 and will last until about 2040, but it is possible that its full effect will only be manifested at the end of the century» [2, p. 363].

One of the key characteristics of the new industrial revolution, on which it is necessary to focus attention, is the increase in the ecological compatibility of production, or, in the terminology of Marsh, the «ecological imperative». The need should be noted for a balanced and careful attitude to the ecological aspect of development. Regardless of the obvious importance of environmental problems, many economists are skeptical about the «apocalyptic» conclusions of a number of environmental experts about the consequences of industrial production on the environment [3, p. 526–556] or even give negative assessments to some actions in favour of protection of the environment [4, p. 286].

From the economic point of view the approach of Dipak Lala is the most balanced. It is reinforced by the position of a number of prominent specialists, according to which the «ecological economy» in its correct interpretation boils down to the application of cost-benefit analysis based on the principles of the welfare economy [5, p. 381].

P. Marsh, while considering the environmental aspects of the new industrial revolution, although he does not declare such theoretical approaches, also links environmental compatibility and economy. And, accordingly, he does not oppose the preservation of the environment to economic growth, but shows the possibilities of realizing both. In his view, the new

industrial revolution will be characterized by «economical management of resources and minimization of the impact on the environment ... This will be a world in which the growth of the economy will continue, but production for the first time in history will reduce the impact on the environment instead of increasing this impact» [2, p. 211].

Achievement of such goals is seen at the expense of a combination of different thematic areas:

- reduction of energy consumption and water consumption, primarily – by improving the design of consuming devices;
- reducing the environmental load through the use of high-strength wear-resistant materials;
- elimination of unnecessary production stages and associated harmful emissions and other types of environmental impact;
- recycling of secondary raw materials, which solves two problems at once: eliminates waste dumps and reduces the use of primary resources (minerals).

The latter direction can be most fully realized within the framework of the «closed cycle economy», which presupposes a «continuous cycle of processing materials that connects old and new products» [2, p. 224–225]. Thanks to this, a combination of environmental friendliness and profitability of production is possible. «If <...> the effective operation of such a closed circulation of materials has been achieved, then the source materials in such a system, by definition, are extracted easily and very cheaply. Due to low costs, companies working on this principle can set themselves the task of achieving higher profit rates than their competitors ...» [2, p. 225]. Thus, speaking of the «ecological imperative», Marsh does not resort to the general thesis «there are more important things than profits and competition», and shows, including a number of examples, how the ecological compatibility of the products increases the efficiency and competitiveness of the producer.

The influence of the «ecological imperative» on rail transport can be viewed in different aspects.

Firstly, the reduction in the consumption of fossil sources of raw materials for the production of energy and materials will reduce (at least, relative to the volume of industrial production and GDP, and, possibly, absolutely) extraction and, consequently, transportation of fossil resources. Given that these goods dominate in the structure of rail transportation, this will have a significant negative impact on their volumes. Increased transportation of recyclables, most likely, does not compensate for the decline in transportation of fossil resources. But even providing growth of transportation of secondary raw materials, railway men must take special measures. As unlike transportation of coal and ore, this sector of the market will be more competitive. Obviously, both new types of cars and new logistics of cargo delivery will be needed.

To an even greater extent than the total traffic volumes, their distribution by routes will change. Cargo flows from places of extraction of minerals to places of their processing or ports will be partially replaced by cargo flows from places of concentration of recyclables







Table 1

**Classification of inventions (innovation proposals), corresponding to the «ecological» imperative and significant for transport**

<p>Reduction of energy consumption and water consumption</p>	<p>Innovations implemented in railway transport, as well as on other modes of transport, allowing to ensure synergy with the development of railways</p> <p><b>A unique wireless technology for engines</b> is a sensor capable of wirelessly transmitting information about engine temperature, which allows to save vehicles from wires and reduce power consumption.</p>	<p>Innovations implemented in other modes of transport that can give them a competitive advantage in the transportation market</p> <p><b>The project of high-speed energy efficient magnetoplanes</b> is a prototype of a pipe for magnetic trains, inside of which the air resistance is 10 times lower than the atmospheric pressure at sea level, which allows the magnetoplanes to move almost silently, thus spending an order of magnitude less energy.</p>	<p>Innovations in other, non-transport industries, the absorption of which by rail and other modes of transport opens up new opportunities to improve the efficiency of transport companies</p> <p><b>Almost no energy consuming magnetic chip</b> – a magnetic chip that consumes the minimum possible amount of energy for computing, almost equal to the Landauer limit, which is a million times smaller than the similar energy costs in modern processors.</p> <p><b>Energy-efficient temperature control in buildings</b> – substitution of air conditioners with mirrors, redirecting excess heat to space.</p>
<p>Reducing CO<sub>2</sub> emissions, development of renewable energy</p>	<p><b>Passenger express Solar Bullet</b> is a special project of a high-speed passenger train with power supply from efficient solar batteries.</p> <p><b>The railway power plant</b> is a pilot project for generating and storing energy using an iron mini-road, which is considered the best option for solving the energy supply problem.</p> <p><b>Hyperloop transport system project</b> – passenger aluminum alloy capsules moving at a speed of up to 1200 km/h on a special low pressure pipeline lifted above the ground on supports, without CO<sub>2</sub> emissions and with low energy costs.</p> <p><b>SkyTran</b> – innovative urban transport – small capsules built of composite materials, with a capacity of up to 2 people, held on a monorail at a height of six meters with the help of magnetic levitation. The main idea of the project: the replacement of cars with environmentally friendly transport, which in the future can be equipped with solar batteries.</p> <p><b>A fully electric aircraft</b> is an airplane with a single centralized power supply system that would ensure all its energy needs.</p> <p><b>MagLev systems</b> – based on the use of magnetic suspension, MagLev (Magnetic Levitation) system will raise the level of public transport above the level of land lines and make the movement of transport cabins independent of traffic jams, accidents and other twists and turns of land transport without CO<sub>2</sub> emissions.</p> <p><b>Technology Super-MagLev</b> – technology, allowing to avoid air resistance, which in theory will allow trains on a magnetic cushion to accelerate to speeds of 3 thousand kilometers per hour.</p>	<p><b>Electric cars using graphene batteries</b> – electric vehicles using the latest material – graphene, which makes it possible to make lightweight, durable batteries with huge capacity, capable of charging from renewable energy sources.</p> <p><b>Stella is a solar-powered car</b> – the world's first solar-powered car, due to its low weight providing a long distance of mileage.</p>	<p><b>Transparent solar battery</b> is a solar battery capable of absorbing ultraviolet radiation and is applicable in a variety of designs, obtained by energy from which it will be possible to charge cell phones, temperature sensors and other devices.</p> <p><b>Solar batteries that produce electricity during the rain</b> are solar panels that can generate electricity in both sunny and rainy weather.</p> <p><b>A spray that converts any surface into a battery</b> is a method to convert a traditional battery into a liquid, which can then be applied to any surface like paint from a can to create a power source.</p> <p><b>Remote acquisition of energy from bacteria</b> is based on the ability of bacteria to release electrical charge from within the cell.</p>
<p>The use of high-strength wear-resistant effective materials</p>	<p>There is no data in the sample used.</p>	<p><b>Freight cars on graphene supercapacitors</b> – a new model of a till-covered van with a pre-installed hybrid engine system, saving about 25% of fuel, and also reducing harmful emissions.</p> <p><b>Innovative tire repair technology</b> uses a sealant for self-restoring tires.</p>	<p><b>Perovskite solar batteries</b> – batteries made from a new material – perovskite, giving the opportunity to receive energy at a price of \$2.7 per watt compared to \$3.9 per watt for modern solar batteries.</p> <p><b>Hybrid crystal</b> is a black crystal on a perovskite matrix, with very low power consumption.</p> <p><b>An air vehicle</b> is a car with a pneumatic engine, for which compressed air is used.</p>
			<p><b>The triboelectric generator</b> is a device that generates electricity as a result of friction between two surfaces.</p> <p><b>A traction motor using the energy of microwaves</b> is an engine that does not need fuel because it uses the energy of microwaves.</p> <p><b>The technology that allows to convert water and carbon dioxide in liquid fuel</b> is a pilot plant that allows to convert water (H<sub>2</sub>O) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) into liquid hydrocarbons, synthetic gasoline, kerosene and diesel fuel.</p> <p><b>Super-strong steel to save fuel</b> – a new super-strong steel of the third generation, which reduces fuel consumption by reducing the weight of the vehicle.</p> <p><b>Electric concrete, self-cleaning itself of snow and ice</b> – concrete capable of heating itself and melting the accumulated snow and ice, while the coating is absolutely safe for a human and any technique.</p> <p><b>Accumulators on carbon batteries</b> – accumulators, on new, graphene batteries, withstanding up to three thousand cycles of recharging without loss of capacity, against several hundred in modern lithium-ion batteries.</p>

Elimination of unnecessary production stages	<p><b>Car-washing complex with the use of the detergent «O-BIS»</b> is an ecologically safe, resource-saving technology for washing railway tank boilers, the feature of which is simultaneous degassing from the residual gas and washing the internal surface of the boiler.</p>	<p>Airplanes with <b>printed 3D details</b> are a new method for producing metal parts of aircraft using 3D printing that will save fuel, materials and other resources.</p> <p><b>StreetScooter C16 is an electric car made on a 3D printer</b> – a prototype of a small electric car, almost the whole body of which and most of the other parts were manufactured using an industrial three-dimensional printer capable of printing with several different materials.</p>	<p><b>High-strength aluminum</b> is as light as aluminum metal, but twenty-five times stronger.</p> <p><b>Vanadium batteries</b> – batteries that can work almost forever.</p> <p><b>Wood glass</b> is a sturdy, cheap, renewable and very pliable innovative wood-based material that has found its application in the manufacture of windows and solar panels as a cheaper alternative to traditional silicon glass.</p> <p>There is no data in the sample used.</p>
Bionics	<p><b>Trains-invisible: the know-how of the Japanese railway</b> – a new design-diametron of high-speed trains that will merge with the surrounding terrain, providing harmony of transport and the natural environment.</p> <p><b>The technology of creating «live» cars</b> is the technology of creating cars from biological materials that can change and adapt to the environment.</p>	<p>There is no data in the sample used.</p> <p>2.1.</p>	<p><b>Unbreakable glass</b> – a new technology for glass processing, thanks to which it was possible to significantly increase its strength, prompted by the properties of steelfish shells.</p>

to places of its processing. This redistribution will have to be taken into account when planning the development of infrastructure and traction of transportation. In addition, the cargo flows of recyclables will probably be more difficult to route than cargo flows of fossil resources, especially for sender routing. Accordingly, it will be more difficult to ensure the high weights of trains, thereby reducing the cost of transportation.

Of course, all these changes are a matter of perspective, and probably not very close – while the «closed cycle economy» is at an early stage and its impact on the volumes and structure of rail transportation will not be manifested very soon. Nevertheless, we must start preparing for these changes, even conceptually, today. We cannot be like «bad economists» (in the words of H. Hazlitt), lightly neglecting the prospect [6, p. 19].

Secondly, increase in environmental requirements of global value chains can facilitate the transition of some freight flows from less environmentally friendly road and water transport to railways. So, the European program «Shift2Rail», setting this goal, is largely based precisely on environmental motivation. And, for example, in Japan, a decisive argument in favor of partial replacement of sea traffic by rail transportation on one of the routes was the reduction of harmful emissions.

However, one must take into account that ecological advantages alone, without an effective combination of price and quality of transportation, cannot ensure the competitiveness of railways. Yes, and other modes of transport are actively working to improve the environment in the concept of «green» transport and the development of technologies of «green» logistics, the relevance and demand of which is shown in [7].

The concept of «green» transport must be linked with the general «ecological imperative» of the new industrial revolution in such a way as to combine high environmental friendliness and efficiency.

Currently, in the framework of growing environmental friendliness of the railway transport, the emphasis is on reducing harmful emissions, noise and specific energy consumption. The latter («energy efficiency») is fully combined with the task of increasing economic efficiency.

Reuse or recycling of materials on railways has also traditionally been used (and has always been considered as a cost-saving measure, not from a position of reducing the environmental load), but the implementation of the concept of a closed-cycle economy in the industry is a matter of the future. As examples from other industries show, this may require a reduction in the number of types of materials used for the manufacture of railway equipment and structures (to simplify their processing).

It should be mentioned that the concept of an economy of a «closed cycle» also provides for «the need to repair and resell things that have ceased to meet the requirements of the original owners» [2, p. 225].

From this point of view, the above concept (even without any resale) fits in well with the overhaul of technical equipment with the extension of their service life, in which a large amount of experience has been accumulated in railway transport. (Of course, its implementation should not contradict the requirements of efficiency and safety of transportation).

Enhancement of environmental friendliness of the railway transport also requires the use of environmentally friendly materials and materials with increased strength and durability. Fulfillment of this condition allows to reduce costs of the life cycle of the corresponding technical means or devices.

To assess the prospects and directions for the implementation of the «ecological imperative» in the transport sector, an analysis of a number of inventions (innovation proposals) has been carried out according to sources [8–43]. They are classified in the following areas:

- reduction of energy consumption and water consumption;





– reduction of CO<sub>2</sub> emissions, including through the development of renewable energy (use of wind, solar, various types of hydropower, etc.);

– application of high-strength wear-resistant effective materials;

– liquidation of unnecessary production stages;

– bionics (applied science on the application of the principles of organization, properties, functions and structures of living nature in technical devices and systems).

In addition, in the future, increased attention should be paid to innovations that ensure the recycling of secondary raw materials and to implementation of the principles of a non-waste economy of a «closed cycle» for transport.

In terms of applying these innovations to transport (with a focus on railways) or of their impact on transport, they are classified into three categories:

– innovations implemented in railway transport, as well as in other modes of transport, allowing to ensure synergy with the development of railways;

– innovations implemented in other modes of transport that can give them a competitive advantage in the transportation market;

– innovations in other, non-transport, industries, the absorption of which by rail and other modes of transport opens up new opportunities to improve the efficiency of transport companies.

(Such a grouping is a modification of the classification of innovations that are significant for rail transport, proposed in [44]).

The resulting matrix classification of innovations corresponding to the «ecological imperative» and significant for transport, especially the railway, is shown in Table 1.

**Conclusion.** Based on the analysis of inventions (innovation proposals) formed within the framework of the ecological paradigm and significant for the long-term development of transport, a number of significant conclusions can be drawn. Of five identified areas of implementation of the ecological paradigm, the most actively developing direction is associated with the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and the use of renewable energy. In this case, most of the inventions and innovations both in this area and in general are carried out in non-transport industries (which is quite natural). To improve the environmental friendliness of railway and other modes of transport, target absorption is required, and then diffusion of such innovations.

Regarding modes of transport (air and road) competing with the railways one can take note of a number of promising inventions that can give them a competitive advantage in terms of environmental friendliness. This requires the railway men to react adequately.

Most innovations directly affecting rail transport are associated with innovative transport systems that have the potential for synergy with the development of railways. To realize this potential, a purposeful scientific, technical and economic policy is needed.

It is necessary to radically intensify developments in the field of new high-strength wear-resistant effective materials for a railway transport (as well as diffusion of developments available in other industries) and in the development of new technologies that reduce the number of production stages.

We should pay attention to the lack of activity in the sphere of radical innovations, which reduce energy consumption and water consumption in railway transport. In the industry, the diffusion of previously created innovations (such as the Elbrus system in Russia) takes place, but new inventions are needed that would allow dynamic increase in energy efficiency of railways in a strategic perspective.

Innovations require great efforts and support in the framework of currently unusual field of «bionics», which can concern not only the use of properties of specific objects of wildlife, but also the mechanisms of interaction between them, such as symbiosis, which can serve as a basis for harmonizing the interaction of various transport systems and technologies.

## REFERENCES

1. Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. Innovative development of railway transport in the context of the industrial revolutions [Innovacionnoe razvitiye zheleznodorozhnogo transporta v kontekste promyshlennykh revolucij]. *Vektor transporta*, 2015, Iss. 4, pp. 60–63.

2. Marsh, P. New industrial revolution. Consumers, globalization and the end of mass production [Novaya promyshlennaja revolucija. Potrebiteli, globalizacija i konec massovogo proizvodstva]. Moscow, Publishing House of Gaidar Institute, 2015, 420 p.

3. Maddison, E. Contours of the world economy in the years 1–2030. Essays on macroeconomic history [Kontury mirovoj ekonomiki v 1–2030 gg. Očerki po makroekonomicheskoj istorii]. Moscow, Publishing house of Gaidar Institute, 2012, 584 p.

4. Landsburg, S. Economist on the couch: economic science and everyday life [Economist na divane: ekonomicheskaja nauka i povsednevnyja zhizn']. Moscow, Publishing house of Gaidar Institute, 2012, 304 p.

5. Lal, D. Return of the «invisible hand»: The relevance of classical liberalism in XXI century [Vozvrashhenie «nevidimoj rukii»: Aktual'nost' klassicheskogo liberalizma v XXI veke]. Moscow, Novoe izdatel'stvo publ., 2009, 426 p.

6. Hazlitt, H. Economics in one lesson [Ekonomika za odin urok]. Moscow, William publ., 2007, 256 p.

7. Mukhina, I. V., Smirnova, A. V. «Green» Logistics. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 1, pp. 186–190.

8. The Russian «know-how»: a unique wireless technology for engines was created in St. Petersburg Polytechnic University [Russkoe «nou-hau»: v peterburgskom Politehe sozdana unikal'naja besprovodnaja tehnologija dlja dvigatelej]. [Electronic resource]: <https://ruposters.ru/news/13–11–2014/russkoe-nou-xau-v-peterburgskom-politexe-sozdana-unikalnaya-besprovodnaja-tehnologiya-dlja-dvigatlej>. Last accessed 01.06.2016.

9. Physicists have created almost no power magnetic chip [Fiziki sozdali pochti ne potrebljajushhij energii magnitnyj chip]. [Electronic resource]: <http://news.ifresh.ws/40702-fiziki-sozdali-pochti-ne-potrebljajushhij-energi-magnitnyj-chip.html>. Last accessed 01.06.2016.

10. A first transparent solar cell in the world was developed [Razrabotana pervaja v mire prozrachnaja solnechnaja batareja]. [Electronic resource]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15769/>. Last accessed 01.06.2016.

11. «Magnetic» train will transport from Paris to Moscow in an hour [«Magnitnyj» poezd dostavit iz Parizha v Moskvu za chas]. [Electronic resource]: <http://hitech.vesti.ru/news/view/id/4747>. Last accessed 01.06.2016.

12. Solar panels were created, capable of generating electricity even in the rain [Sozdany solnechnye paneli, sposobnye generirovat' elektrichestvo dazhe v dozhd']. [Electronic resource]: <https://hi-news.ru/technology/sozdany-solnechnye-paneli-sposobnye-generirovat-elektrichestvo-dazhe-v-dozhd.html>. Last accessed 01.06.2016.

13. Spray that turns any surface into a battery [Sprej, prevrashhajushhij ljubuju poverhnost' v batareju]. [Electronic resource]: <https://r-ht.ru/interesting/novosti/sprej-prevrashhajushhij-ljubuju-poverhnost-v-batareju/1–1–0–525>. Last accessed 01.06.2016.

14. Stella – a solar-powered car for the whole family [Stella – avtomobil' na solnechnyh batarejah dlja vsej sem'i]. [Electronic resource]: <http://24gadget.ru/1161054356-stella-avtomobil-na-solnechnyh-batarejah-dlja-vsej-semi.html>. Last accessed 01.06.2016.

15. Possibility of remote obtaining energy from bacteria achieved [Dostignuta vozmozhnost' distancionnogo poluchenija energii iz bakterij]. [Electronic resource]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15176/>. Last accessed 01.06.2016.

16. The combination of different materials gives high conversion efficiency [Sochetanie raznykh materialov daet vysokuju konvercionnuju effektivnost']. [Electronic resource]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15817/>. Last accessed 01.06.2016.

17. The hybrid crystal pushes the boundaries of efficiency LED lamps [Gibridnyj kristall razdvigaet granicy effektivnosti svetodiodnykh lamp]. [Electronic resource]: <http://www.innovanews.ru/info/news/energy/15808/>. Last accessed 01.06.2016.

18. Air vehicle (pneumatic vehicle) [Vozduhomobil (pnevromobil)]. [Electronic resource]: <http://greenevolution.ru/>

enc/wiki/vozduxomobil-pnevnomobil/. Last accessed 01.06.2016.

19. Solar Bullet – project of speed passenger express train with energy supply from solar panels [*Solar Bullet – proekt skorostnogo passazhirskogo ekspressa s energosnabzheniem ot solnechnyh batarej*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/energy/191-solar-bullet-proekt-skorostnogo-passazhirskogo.html>. Last accessed 01.06.2016.

20. A new high-efficiency technology is developed, which allows to turn water and gas into liquid fuels [*Razrabotana novaya vysokoeffektivnaya tehnologiya, pozvoljajushhaja prevrashhat' vodu i uglekislyj gaz v zhidkoe toplivo*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/ecco/6493-razrabotana-novaya-vysokoeffektivnaya-tehnologiya-pozvoljajushhaja-pprevraschat-vodu-i-carbon-gas-to-liquid-toplivo.html>. Last accessed 01.06.2016.

21. In Russia an all-electric aircraft is being created [*V Rossii sozdaetsja polnost'ju elektricheskij samolet*]. [Electronic resource]: <http://www.popmech.ru/technologies/15737-v-rossii-sozdaetsja-polnostyu-elektricheskij-samolet/>. Last accessed 01.06.2016.

22. Urban public transport of the future – a system on magnetic suspension MagLev [*Gorodskoj obshhestvennyj transport budushhego – sistema na magnitnoj podveske MagLev*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/1248-gorodskoj-obshhestvennyj-transport-budushhego-sistema-na-magnitnoj-podveske-maglev.html>. Last accessed 01.06.2016.

23. Super-Maglev technology allows magnetic levitation trains to reach speeds of up to 3000 kilometers per hour [*Tehnologija Super-Maglev pozvolit poezdami na magnitnoj podushke razvivat' skorost' do 3000 kilometrov v chas*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/5893-tehnologiya-super-maglev-pozvolit-poezdam-na-magnitnoj-podushke-razvivat-skorost-do-3000-kilometrov-v-chas.html>. Last accessed 01.06.2016.

24. Graphene supercapacitors improve the efficiency of road freight transportation by 25 per cent [*Grafenovyje superkondensatory podnimajut effektivnost' gruzovyh avtoperevozok na 25 procentov*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/8085-grafenovyje-superkondensatory-podnimajut-effektivnost-gruzovyh-avtoperevozok-na-25-procentov.html>. Last accessed 01.06.2016.

25. The future, represented by of Skytran transport system arrives in Tel Aviv [*Budushhee, v lice transportnoj sistemy Skytran, pribivaet v Tel'-Aviv*]. [Electronic resource]: <http://www.dailytechinfo.org/auto/5040-budushchee-v-lice-transportnoj-sistemy-skytran-pribivaet-v-tel-aviv.html>. Last accessed 01.06.2016.

26. New thinnest material for batteries with a huge capacity [*Novyj tonchajshij material dlja akkumuljatorov s ogromnoj emkost'ju*]. [Electronic resource]: <http://telegraf.com.ua/tehnologii/1303588-novyy-tonchajshij-material-dlya-akkumuljatorov-s-ogromnoj-emkostyu.html>. Last accessed 01.06.2016.

27. Triboelectric Revolution? [*Triboelektricheskaja revolucija?*]. [Electronic resource]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/triboelektricheskaja-revoljutsiya>. Last accessed 01.06.2016.

28. Load electricity with cars! [*Gruzite elektrichestvo vagonami!*]. [Electronic resource]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2014/gruzite-elektrichestvo-vagonami>. Last accessed 01.06.2016.

29. NASA tested an engine that operates without fuel and refutes the laws of physics [*V NASA prestirovali dvigatel', rabotajushhij bez topliva i oprovergajushhij zakony fiziki*]. [Electronic resource]: <http://www.newsru.com/world/04aug2014/emdrive.html>. Last accessed 01.06.2016.

30. First look at the new generation transport system from Hyperloop [*Pervyj vzglyad na transportnuju sistemu novogo pokolenija ot kompanii Hyperloop*]. [Electronic resource]:

<https://hi-news.ru/technology/pervyj-vzglyad-na-transportnuju-sistemu-novogo-pokolenija-ot-kompanii-hyperloop-one.html>. Last accessed 01.06.2016.

31. Super-strong steel for fuel saving [*Sverhprochnaja stal dlja ekonomii topliva*]. [Electronic resource]: <http://evonews.org/news/interesnie-novosti/5126-sverhprochnaya-stal-dlya-ekonomii-topliva.html>. Last accessed 01.06.2016.

32. The new concrete will save the roads from icing, and corporations – from industrial espionage [*Novyj beton spasjat dorogi ot obledeneniya, a korporacii – ot promyshlennogo shpionazha*]. [Electronic resource]: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2712198&cid=2161>. Last accessed 01.06.2016.

33. Technology of tire restoration [*Tehnologija vosstanovlenija shin*]. [Electronic resource]: <https://ig-store.ru/doc/transport/13961-tehnologiya-vosstanovleniya-shin>. Last accessed 01.06.2016.

34. New Japanese batteries will make electric cars cheaper and safer [*Novye japonskie batarei sdelayut elektromobili deshevle i bezopasnee*]. [Electronic resource]: <https://hi-news.ru/technology/novye-yaponskie-batarei-sdelayut-elektromobili-deshevle-i-bezopasnee.html>. Last accessed 01.06.2016.

35. Russian scientists turn aluminum into steel [*Rossijskie uchenye prevrashhajut aljuminij v stal'*]. [Electronic resource]: <https://rusevik.ru/interesnoe/165750-rossijskie-uchenye-prevrashchajut-alyuminiy-v-stal.html>. Last accessed 01.06.2016.

36. A high-capacity flow-through battery has been created [*Sozdana protochnaja batareja vysokoj jomkosti*]. [Electronic resource]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2015/sozdana-protochnaya-bataryaya-vysokoi-emkosti>. Access 01.06.2016.

37. Scientists from Sweden created a «wooden glass» [*Uchenye iz Shvicii sozdali «derevyannoe steklo»*]. [Electronic resource]: <http://www.nanonewsnet.ru/news/2016/uchenye-iz-shvetsii-sozdali-derevyannoe-steklo>. Last accessed 01.06.2016.

38. Car-washing complex with the use of «O-BIS» detergent [*Vagonomochnyj kompleks s primeneniem mojuushhego sredstva «O-BIS»*]. [Electronic resource]: [http://www.saveplanet.ru/tehnno\\_305.html](http://www.saveplanet.ru/tehnno_305.html). Last accessed 01.06.2016.

39. 3D printing allows to reduce the weight of aircraft parts and simplify their production [*3D-pechat' pozvoljaet dobit'sja umen'shenija vesa detalej samoletov i uprostit' ih proizvodstvo*]. [Electronic resource]: <http://nmm.me/blogs/sep716/3d-pechat-pozvoljaet-dobitsya-umensheniya-vesa-detaley-samoletov-i-uprostit-ih-proizvodstvo/>. Last accessed 01.06.2016.

40. StreetScooter C16 is a prototype of an electric car manufactured using a three-dimensional printer [*StreetScooter C16 – prototip elektricheskogo avtomobilja, izgotovlennogo pri pomoshhi trehmermogo printera*]. [Electronic resource]: <https://okoplanet.ru/science/science/news/262138-streetscooter-c16-prototip-elektricheskogo-avtomobilya-izgotovlennogo-pri-pomoshchi-trehmermogo-printera.html>. Last accessed 01.06.2016.

41. The invisible train merges with the environment [*Poezd-nevidimka slivaetsja s okruzhajushhej sredoj*]. [Electronic resource]: <http://www.popmech.ru/tehnologii/236988-poezd-nevidimka-slivaetsja-s-okruzhajushchey-sredoy/>. Last accessed 01.06.2016.

42. In the future, cars will learn to repair themselves [*V budushhem avtomobili nauchatsja sami sebja remontirovat'*]. [Electronic resource]: <http://hronika.info/tehnologii/32520-v-buduschem-avtomobili-nauchatsya-sami-sebja-remontirovat.html>. Last accessed 01.06.2016.

43. Scientists came up with a safety glass based on the structure of shellfish shell [*Uchenye pridumali nebjushheesja steklo na osnove struktury pancirja molluskov*]. [Electronic resource]: <https://hi-news.ru/technology/uchenye-pridumali-nebyushheesja-steklo-na-osnove-struktury-pancirja-molluskov.html>. Last accessed 01.06.2016.

44. Izmaikova, A. V. Innovations, significant for railway transport [*Innovacii, znachimye dlja zheleznodorozhnogo transporta*]. *Bulletin of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2014, Iss. 3, pp. 53–69. ●

Information about the authors:

**Macheret, Dmitry A.** – D.Sc. (Economics), professor, head of department of Economy of construction business and property management of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia, [macheretda@rambler.ru](mailto:macheretda@rambler.ru).

**Izmaikova, Anastasia V.** – junior researcher of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, [anastasiya.izmaykova@mail.ru](mailto:anastasiya.izmaykova@mail.ru).

Article received 09.06.2016, accepted 30.09.2016.

