

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-1-50-66

УДК 656.13

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ

*Рагимов Э.А.*

*Часто считается, что электромобили являются важным средством сокращения выбросов парниковых газов и энергопотребления в глобальном транспорте, особенно для автомобильного пассажирского транспорта.*

*Целью данной статьи является изучение относительного использования энергии и выбросов парниковых газов электромобилей по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания. Сравнение энергоэффективности, а также сравнение выбросов парниковых газов были использованы в качестве методов в данной статье. Сравнения энергоэффективности осложняются противоречивыми методами, используемыми для первичных источников электроэнергии, таких как гидро, солнечная энергия или энергия ветра.*

*В этой статье пересматривается степень, в которой электромобили могут эффективно решать проблемы глобального изменения климата и истощения запасов ископаемого топлива.*

*Более того, в статье утверждается, что сравнение электромобилей и транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания намного сложнее, чем общепризнано. Неопределенности возникают как при использовании первичной энергии, так и при расчете выбросов парниковых газов.*

*В целом, должен быть сделан вывод о том, что выгоды от использования электромобилей для энергии и парниковых газов меньше, чем обычно предполагается.*

*Только когда во взаимосвязанных энергосистемах преобладают возобновляемые источники энергии, будет безопасно заявлять о превосходстве электромобилей.*

**Ключевые слова:** выбросы углерода; электрические транспортные средства; энергоэффективность; хранилище энергии; эффективность перелива.

## IMPACT OF ELECTRIC CARS ON THE ECOLOGY

*Rahimov E.A.*

*It is frequently believed that electric cars are an important means of reducing greenhouse gas emissions and energy consumption in global transport, especially for passenger automobile transport.*

*The purpose of this paper is to study the relative energy usage and greenhouse gas emissions of electric vehicles compared to cars with an internal combustion engine.*

*A comparison of energy efficiency as well as a comparison of greenhouse gas emissions were used as methods in this paper.*

*Energy efficiency comparisons are complicated by conflicting methods used for primary sources of electricity, such as hydro, solar, or wind.*

*This paper reviews the extent to which electric cars can effectively address global climate change and fossil fuel depletion.*

*Moreover, the paper proves that comparing electric vehicles and vehicles with an internal combustion engine is much more complicated than generally accepted.*

*Uncertainties arise both when using primary energy and when calculating greenhouse gas emissions.*

*In general, it must be concluded that the benefits of using electric vehicles for energy and greenhouse gases are less than usually expected.*

*Only when renewable energy prevails in interconnected energy systems, it will be safe to claim the superiority of electric vehicles.*

**Keywords:** *carbon emissions; electric cars; energy efficiency; energy storage; spillover effects.*

### **Введение**

Глобальный транспорт является как основным потребителем мировой добычи нефти, так и основным источником выбросов парниковых газов, в частности, от углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

Таким образом, сокращение как потребления энергии, так и выбросов парниковых газов на транспорте может сыграть важную

роль в решении глобальных проблем истощения запасов ископаемого топлива (особенно нефти) и изменения климата, с которыми сталкивается мир.

Таблица 1.

**Номенклатура**

CH <sub>4</sub> метан
CO <sub>2</sub> углекислый газ
CO <sub>2</sub> -экв эквивалента углекислого газа
N <sub>2</sub> O закись азота

Электрические транспортные средства, в данном случае включающие электромобили с полным аккумулятором, а также гибридные электромобили с подключаемым модулем, часто рассматриваются в качестве важного средства решения обеих проблем [1]. Кроме того, они помогают уменьшить загрязнение воздуха в городах. Другие исследователи [2–4] утверждают, что существенные барьеры для внедрения электромобилей остаются из-за множества социальных и технических барьеров. Ма и др. [5] сравнили выбросы парниковых газов от электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания на основе полного жизненного цикла для калифорнийских и британских сетей. Как и ожидалось, они обнаружили, что электромобили сравнительно лучше работали в Калифорнии, чем в Великобритании, из-за менее интенсивного использования ископаемого топлива.

Кроме того, они обнаружили, что рабочие характеристики электромобилей улучшились в условиях низких скоростей в городских условиях и что затраты на производство парниковых газов при производстве автомобилей были выше, чем при производстве автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, главным образом из-за производства аккумуляторов.

Онат и др. [1] провели анализ энергии и парниковых газов для каждого штата США для автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, электромобилей и гибридных электромобилей. Они

обнаружили, что как у электромобилей, так и у гибридов потребление энергии в течение полного жизненного цикла было ниже, чем у автомобилей с двигателем внутреннего сгорания в целом по США, а также более низкие выбросы углерода. Однако гибриды были превосходны электромобилям для потребления энергии почти во всех штатах.

Наконец, Хокинс и соавторы [6] резюмировали свои выводы следующим образом: «Мы находим, что электрические транспортные средства, работающие на существующей европейской структуре электроснабжения, обеспечивают снижение потенциала глобального потепления на 10–24% по сравнению с обычными дизельными или бензиновыми транспортными средствами, предполагающими срок службы 150 000 км.

Тем не менее, электромобили демонстрируют потенциал значительного увеличения токсичности для человека, экотоксичности для пресной воды, эвтрофикации пресной воды и воздействия истощения металлов, что в значительной степени связано с цепочкой поставок транспортных средств. Результаты чувствительны к предположениям об источнике электроэнергии, потреблении энергии на этапе использования, сроке службы транспортного средства и графиках замены аккумулятора».

Целью данной статьи является изучение относительного использования энергии и выбросов парниковых газов электромобилей по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания. Сравнение энергоэффективности, а также сравнение выбросов парниковых газов были использованы в качестве методов в данной статье. Сравнения энергоэффективности осложняются противоречивыми методами, используемыми для первичных источников электроэнергии, таких как гидро, солнечная энергия или энергия ветра.

Более того, в статье утверждается, что сравнение электромобилей и транспортных средств с двигателем внутреннего сгорания намного сложнее, чем общепризнанно. Неопределенности возникают как при использовании первичной энергии, так и при расчете выбросов парниковых газов.

В целом, должен быть сделан вывод о том, что выгоды от использования электромобилей для энергии и парниковых газов меньше, чем обычно предполагается.

Только когда во взаимосвязанных энергосистемах преобладают возобновляемые источники энергии, будет безопасно заявлять о превосходстве электромобилей.

В этой статье пересматривается степень, в которой электромобили могут эффективно решать проблемы глобального изменения климата и истощения запасов ископаемого топлива. Поскольку только 4,4% электроэнергии, произведенной в мире в 2013 году, было произведено из нефти [7], электромобили безоговорочно могут помочь отсрочить наступление «пика добычи нефти». Но в следующих трех разделах этой статьи утверждается, что невозможно однозначно сказать, поможет ли значительный переход на электромобили сэкономить энергию или парниковые газы по сравнению с продолжением использования обычных транспортных средств, работающих на бензине или дизельном топливе.

### **Сравнение энергоэффективности**

Сравнение энергоэффективности различных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания легко; например, сравните число транспортных средств в км для каждого транспортного средства на литр используемого бензина. Но для сравнения электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания бензин и электричество должны быть переведены в первичные энергетические термины – например, сырая нефть для автомобилей с двигателем внутреннего сгорания и уголь для производства электроэнергии на угольных электростанциях. Но возникает трудность при преобразовании электричества в первичную энергию для различных неископаемых видов топлива.

Для производства тепловой энергии на атомных или геотермальных электростанциях первичная энергия всегда рассчитывается на основе тепловой энергии, используемой для выработки электроэнергии, так же как на электростанциях, работающих на ископаемом топливе.

Для нетеплового возобновляемого электричества, такого как электричество, производимое гидроэлектростанциями или ветряными турбинами, разные органы власти используют разные методы преобразования [8]. Международное энергетическое агентство [7] преобразует гидроэнергию, фотоэлектрические элементы и энергию ветра в соотношении 1:1. В отличие от этого, ВР преобразует гидроэлектроэнергию в первичную энергию таким же образом, как и для ядерной электроэнергии – на основе тепловой эквивалентной электроэнергии на тепловой электростанции, предполагая 38% эффективность преобразования на современной тепловой электростанции» [9]. Отсюда следует, что первичная энергоэффективность, рассчитанная для данного электромобиля, будет сильно различаться в зависимости от источника неископаемой энергии.

В энергосистеме, использующей 100% ядерной энергии, эффективность будет такой же, как в энергосистеме, использующей 100% гидроэлектроэнергии, если рассчитать ее методом ВР, но намного ниже, если использовать метод Международного энергетического агентства. Понятно, что это неудовлетворительный результат. Это также делает расчеты эффективности использования энергии двигателя внутреннего сгорания электрическими транспортными средствами произвольными для сетей, использующих значительное количество первичной электроэнергии из возобновляемых источников энергии. Проблема может усугубиться только в том случае, если, как и ожидалось, энергия ветра, гидро и, особенно, фотоэлектрических элементов, будет обеспечивать все более высокий процент мирового электричества.

Дальнейшее осложнение возникает, если есть необходимость в накоплении энергии. Доля атомной электроэнергии падает, и даже Международная ассоциация по атомной энергии не прогнозирует, что ее доля значительно возрастет, если вообще увеличится [10]. Хотя на улавливание и хранение углерода в значительной степени влияют сценарии Межправительственной группы экспертов по изменению климата на смягчение последствий изменения климата, это в значительной степени недоказанная технология [11], и кро-

ме того, имеет высокие энергетические затраты [12] и длительные сроки реализации.

Отсюда следует, что возобновляемые источники энергии должны будут играть главную роль в долгосрочном смягчении последствий изменения климата [13]. Тем не менее, возобновляемые источники энергии с наибольшим потенциалом, ветряное и солнечное электричество [14], являются прерывистыми источниками, и поэтому потребуется некоторая форма накопления энергии, если электроснабжение будет постоянно соответствовать спросу. В настоящее время производство электроэнергии из этих источников достаточно мало [9], чтобы ассимилироваться в существующие сети (где почти вся энергия поступает от ископаемого топлива, гидроэлектростанций и атомных станций), но это придется изменить.

Аккумуляция энергии, возможно, с использованием энергоносителей, таких как водород или метанол, значительно снизит чистую электроэнергию, доступную из данной валовой энергии ветра и солнечной энергии. Таким образом, затраты на первичную энергию для электромобилей, работающих от таких источников, будут расти. Один из предложенных способов уменьшить потребность в аккумуляции энергии коммунальными предприятиями или жилыми домами – это использовать «транспортное средство в сеть». При использовании транспортного средства для хранения в сети электрические транспортные средства будут подключены к электрической сети и будут накапливать энергию в своих аккумуляторных батареях и продавать такую накопленную электроэнергию в сеть, когда спрос на электроэнергию превышает генерируемое предложение [15].

Но такой подход будет противоречить предложению о широком совместном использовании автомобилей, что значительно сократит количество принадлежащих автомобилей. В настоящее время автомобили находятся в пути только 4–5% времени [3]. Неизбежно, что совместно используемые транспортные средства теперь будут использоваться более интенсивно (то есть проезжать больше км в год), так что время их парковки также будет сокращено. Таким образом, возможности для дневной зарядки и хранения энергии в сети будут

уменьшены. Потребуется зарядка батарей в ночное время, но, если солнечная энергия станет доминирующим источником энергии в будущем, в ночное время необходимо, чтобы сеть потребляла энергию от аккумуляторов автомобиля, а не поставляла ее.

### **Сравнение выбросов парниковых газов**

Проблемы, выявленной в предыдущем разделе, можно избежать, если сравнивать автомобиль с двигателем внутреннего сгорания и электромобиль на основе  $\text{CO}_2$  или, в более общем смысле, выбросов парниковых газов, обычно выражаемых в эквиваленте  $\text{CO}_2$  ( $\text{CO}_2$ -экв.). Но затем возникает новая проблема: почти во всех опубликованных сравнениях, не связанных с ископаемым топливом, электричество (возобновляемые источники энергии и атомная энергия) предполагается, что эти источники генерируют нулевые выбросы парниковых газов, что они являются «нулевыми источниками углерода».

Но это далеко не так. Хотя это правда, что эти источники напрямую генерируют незначительные парниковые газы, это не относится к их косвенным выбросам.

Гидроэлектроэнергия является крупнейшим источником электроэнергии из возобновляемых источников энергии, и большая часть остающегося неиспользованного потенциала находится в тропических регионах Африки, Латинской Америки и Азии [11, 16].

Если водохранилища за тропическими дамбами содержат разлагающиеся растительные вещества (например, это происходит, если лес погружен), могут произойти значительные выбросы как  $\text{CO}_2$ , так и метана ( $\text{CH}_4$ ).  $\text{CO}_2$  возникает в результате аэробного распада;  $\text{CH}_4$ , мощный парниковый газ, от анаэробного распада. В первые годы эксплуатации выбросы в эквиваленте  $\text{CO}_2$  могут конкурировать с выбросами на электростанциях, работающих на природном газе, с одинаковой выработкой электроэнергии [17]. Геотермальные растения также могут выделять парниковые газы [11]. В обоих случаях важно вычесть базовые выбросы (выбросы до строительства электростанции), чтобы получить более справедливую картину выбросов.



Что касается других возобновляемых источников энергии, выбросы парниковых газов возникают в результате затрат на строительство возобновляемых источников энергии или, в случае биоэнергии, для выращивания биомассы. Поскольку на ископаемое топливо по-прежнему приходится 86,3% всей коммерческой энергии [9], большая часть энергии, затрачиваемой на создание и обслуживание устройств возобновляемой энергии, все еще производится из ископаемого топлива. Значительные поступления азотных удобрений будут необходимы для повышения годового урожая с гектара биоэнергии, особенно на маргинальных почвах, которые останутся после удовлетворения глобальных потребностей в продовольствии и клетчатке. Но удобрения производят закис азота ( $N_2O$ ), мощный и долгоживущий парниковый газ [18].

Крутцен и др [19] даже спорно утверждал, что из-за  $N_2O$  освобождения из оплодотворенных почв, топливо из биомассы может производить аналогичные или даже более высокие уровни  $CO_2$ -экв чем ископаемое топливо. Можно подумать, что для такой страны, как Норвегия, где почти 100% электроэнергии вырабатывается на гидроэлектростанциях, замена существующих дорожных транспортных средств, работающих на нефтяном топливе, на электромобили приведет к значительному сокращению транспортных парниковых газов.

Но следует помнить, что Норвегия является частью более широкой европейской сети и экспортирует излишки гидроэлектроэнергии в другие страны. Вероятно, что чем больше гидроэнергии Норвегия потребляет, тем больше электроэнергии нужно будет вырабатывать из ископаемого топлива в других частях европейской энергосистемы, чтобы заменить норвежский гидроэнергетический импорт.

### **Побочные эффекты для электромобилей**

До настоящего времени сравнения основывались на сопоставлении использования первичной энергии и выбросов парниковых газов на транспортное средство-км для электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

Однако такие сравнения не будут действительны, если произойдут побочные эффекты. Положительное распространение происходит, если 'продвижение одного про-экологического поведения повышает вероятность того, что люди примут другое проэкологическое поведение [20]. Отрицательный вторичный эффект возникает, когда введение определенного проэкологического поведения (такого как переработка отходов) приводит к снижению принятия других проэкологических поведений отдельными лицами. Негативные побочные эффекты связаны с другими понятиями, такими как «энергетический отскок» и «моральное лицензирование» [21].

Клекнер и др. [22] специально исследовали такие эффекты для электромобилей в Норвегии. Электромобили хорошо продаются в Норвегии, учитывая, что различные налоги на транспортные средства снижены или отменены, а также дорожные сборы и стоимость парковки. Они обнаружили, что, если в домохозяйствах есть только электромобиль, они ездят на нем меньше, чем владельцы обычных автомобилей. Однако большинство покупок электромобилей в домашних хозяйствах являются дополнением к автопарку, а не заменой транспортных средств.

Эти домохозяйства, владеющие электромобилями, ездили на своих электромобилях больше, чем ожидалось, скорее всего из-за субсидий, уже упомянутых для электромобилей.

Следовательно, отрицательный побочный эффект, по-видимому, работает, что ставит под сомнение прямое сравнение энергии или CO<sub>2</sub>-экв на транспортное средство-км для электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

### **Обсуждение и выводы**

Электрические транспортные средства, безусловно, превосходят транспортные средства с двигателем внутреннего сгорания по снижению использования транспортного топлива и локального загрязнения воздуха. Учитывая, что затраты на электроэнергию также намного ниже затрат на бензин на транспортное средство-км, электромобили также будут иметь более низкие эксплуатационные

расходы, особенно в Европе, с высокими расходами на топливо на основе нефти [7]. Электрические сети могут (и обычно работают) на различных видах топлива, что облегчает переход к электромобилям, работающим на полностью неископаемом электричестве.

Как и ожидалось, в литературе нет сомнений относительно преимуществ электромобилей в отношении первичной энергии и парниковых газов. Если необходим километраж, соответствующий транспортным средствам с двигателем внутреннего сгорания, то увеличение массы аккумулятора приведет к снижению энергоэффективности электромобиля и увеличению выбросов парниковых газов. Выбросы парниковых газов также будут зависеть от состава топлива, используемого для энергоснабжения сети. Сравнения как энергии, так и парниковых газов также будут зависеть от предполагаемого срока службы транспортного средства-км и цикла вождения.

В этой статье были подняты некоторые другие вопросы, которые обычно не рассматриваются во многих исследованиях, посвященных изучению относительного использования энергии и выбросов парниковых газов электромобилей по сравнению с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания.

Во-первых, сравнения энергоэффективности осложняются противоречивыми методами, используемыми для первичных источников электроэнергии, таких как гидро, солнечная энергия или энергия ветра. Эта проблема может стать более серьезной только в том случае, если энергия ветра и солнечная энергия будут доминировать в будущем энергоснабжении. Затраты энергии на хранение этих прерывистых источников энергии являются дополнительным осложнением.

Во-вторых, для сравнения парниковых газов прямые выбросы некоторых возобновляемых источников энергии добавляют еще один источник неопределенности. Кроме того, если более широкое использование электромобилей в богатой возобновляемыми источниками энергии стране, такой как Норвегия, приводит к снижению экспорта электроэнергии из возобновляемых источников энергии, то общесистемные выгоды от использования парниковых газов для электромобилей должны быть соответственно снижены.

В-третьих, новая, по-видимому, «зеленая» технология, такая как электромобили, создает побочные эффекты, что еще больше усложняет сравнение. В целом, должен быть сделан вывод о том, что выгоды от использования электромобилей для энергии и парниковых газов меньше, чем обычно предполагается. Только когда во взаимосвязанных энергосистемах преобладают возобновляемые источники энергии, будет безопасно заявлять о превосходстве электромобилей.

### *Список литературы*

1. Онат Н.К., Куцуквар М., Татари О. Обычные, гибридные или электромобили с подключаемым модулем? Государственный сравнительный углерод и анализ энергетического следа в США // Прикладная энергия, 2015; 150. С. 36–49.
2. Штайнхильбер С., Уэлс П., Тханкаппан С. Социально-техническая инерция: понимание барьеров для электромобилей // Энергетическая политика, 2013; 60. С. 531–539.
3. Совакул Б.К., Хирш Р.Ф. Помимо батарей: изучение преимуществ и барьеров для подключаемых гибридных электромобилей и переход между транспортным средством и сеткой // Энергетическая политика, 2009; 37. С. 1095–1103.
4. Мориарти П., Ван С.Дж. Показатели экологической эффективности городского транспорта // Журнал устойчивого развития энергетики, водоснабжения и водного хозяйства. Системы окружающей среды, 2015; 3 (2). С. 183–195.
5. Ма Х., Балтазар Ф., Таит Н., Риера-Палоу Х., Харрисон А. Новое сравнение между выбросами парниковых газов в течение жизненного цикла аккумуляторные электромобили и автомобили внутреннего сгорания // Энергетическая политика, 2012; 44. С. 160–173.
6. Хокинс Т.Р., Сингх Б., Маджо-Беттез Г., Стремман А.Х. Сравнительная экологическая оценка жизненного цикла обычных и электрические транспортные средства // Журнал промышленной экологии, 2013; 17. С. 53–64.

7. Рагимов Э.А. Экологические особенности транспорта // Теоретическая и прикладная наука, 2019; 07 (75). С. 284–288. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.07.75.46>.
8. Мориарти П., Хоннери Д. Водородный стандарт для учета энергии? // Международный журнал водородной энергетики, 2010; 35. С. 12374–12380.
9. БП: статистический обзор мировой энергетики. Лондон, 2016.
10. Оценки Международной энергетической ассоциации (МАГАТЭ) в области энергетики. Электроэнергии и ядерной энергетики на период до 2050 года. Вена: МАГАТЭ, 2012.
11. Мориарти П., Хоннери Д. Подъем и падение углеродной цивилизации. Лондон: Спрингер, 2011.
12. Андерсон К. Двойственность в науке о климате // Природоведение, 2015, 8. С. 898–900.
13. Мориарти П., Ван С.Дж. Оценка глобальных прогнозов возобновляемых источников энергии // Энергетическая процедура, 2015, 75. С. 2523–2528.
14. Мориарти П., Хоннери Д. Каков глобальный потенциал возобновляемой энергии? // Обзор возобновляемой и устойчивой энергетики. 2012, 16. С. 244–52.
15. Тертон Х., Мора Ф. Транспортные системы для устойчивого развития: Комплексный энергетический анализ // Технологическое прогнозирование и социальные перемены, 2008, 75. С. 1091–1108.
16. Всемирный энергетический совет. Мировые энергетические ресурсы: обзор 2013 года. Лондон, 2013.
17. Фирнсайт П.М. Выбросы парниковых газов от гидроэлектростанций: споры обеспечивают трамплин для переосмысления предположительно чистый источник энергии // Изменение климата, 2004, 66 (2–1). С. 1–8.
18. Рагимов Э.А. Перспективы автоматизированных автомобилей для снижения транспортной энергии // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, 2019, № 11. С. 11–16. DOI: <https://dx.doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>.

19. Крутцен П.Дж., Мосье А.Р., Смит К.А., Винивартер В. Выпуск  $N_2O$  из производства агробиотоплива предотвращает глобальное потепление сокращение путем замены ископаемого топлива // Атмосфера и химическая физика, 2008, 8. С. 389–395.
20. Трулав Х.Б., Каррико А.Р., Вебер Е.С., Райми К.Т., Ванденберг М.П. Положительный и отрицательный побочный эффект проэкологии поведение: интегративный обзор и теоретические основы // Глобальное изменение окружающей среды, 2014, 29. С. 127–138.
21. Мерритт А.С., Эффрон Д.А., Монин Б. Моральное самолицензирование: когда мы хороши, мы становимся плохими // Социальный и личный физический компас, 2010, 4/5. С. 344–357.
22. Клекнер К.А., Наюм А., Мехметоглу М. Положительные и отрицательные побочные эффекты от покупки электромобиля до использования автомобиля // Транспортные исследования, 2013, 21, С. 32–38.

### *References*

1. Onat N.C., Kucukvar M., Tatari O. Obychnye, gibridnye ili elektromobili s podklyuchaemym modulem? Gosudarstvennyy sravnitel'nyy uglevod i analiz energeticheskogo sleda v SSh [Conventional, hybrid, plug-in hybrid or electric vehicles? State based comparative carbon and energy footprint analysis in the United States]. *Prikladnaya energiya* [Applied Energy], 2015, 150, pp. 36–49.
2. Steinhilber S., Wells P., Thankappan S. Sotsial'no-tekhnicheskaya inertsiya: ponimanie bar'erov dlya elektromobiley [Socio-technical inertia: Understanding the barriers to electric vehicles]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2013, 60, pp. 531–539.
3. Sovacool B.K., Hirsh R.F. Pomimo batarey: izuchenie preimushchestv i bar'erov dlya podklyuchaemykh gibridnykh elektromobiley i perekhod mezhdu transportnym sredstvom i setkoy [Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2009, 37, pp. 1095–1103.
4. Moriarty P., Wang S.J. Pokazateli ekologicheskoy effektivnosti gorodskogo transporta [Eco-efficiency indicators for urban transport].

- Zhurnal ustoychivogo razvitiya energetiki, vodosnabzheniya i vodnogo khozyaystva. Sistemy okruzhayushchey sredy* [Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems], 2015, 3(2), pp. 183–195.
5. Ma H., Balthasar F., Tait N., Riera-Palou X., Harrison A.A. Novoe sravnenie mezhdru vybrosami parnikovyykh gazov v techenie zhiznennogo tsikla akkumulyatornye elektromobili i avtomobili vnutrennego sgoraniya [New comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles]. *Energeticheskaya politika* [Energy Policy], 2012, 44, pp. 160–173.
  6. Hawkins T.R., Singh B., Majeau-Bettez G., Stromman A.H. Sravnitel'naya ekologicheskaya otsenka zhiznennogo tsikla obychnyykh i elektricheskikh transportnykh sredstv [Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles]. *Zhurnal promyshlennoy ekologii* [J Ind Ecol], 2013. 17, pp. 53–64.
  7. Rahimov E. A. Ekologicheskikh osobennosti transporta [Ecological features of transport]. *Teoreticheskaya i prikladnaya nauka* [ISJ Theoretical & Applied Science], 2019, 07 (75), pp. 284–288. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.07.75.46>.
  8. Moriarty P., Honnery D. Vodorodnyy standart dlya ucheta energii? [A hydrogen standard for energy accounting?]. *Mezhdunarodnyy zhurnal vodorodnoy energetiki* [Int. J Hydrogen Energy], 2010, 35, pp. 12374–12380.
  9. BP Statistical Review of World Energy. London, 2016.
  10. International Atomic Energy Association (IAEA) Energy. Electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050. Vienna: IAEA, 2012.
  11. Moriarty P., Honnery D. Rise and fall of the carbon civilisation. London: Springer, 2011.
  12. Anderson K. Dvoystvennost' v nauke o climate [Duality in climate science]. *Prirodovedenie* [Nature Geosci], 2015, 8, pp. 898–900.
  13. Moriarty P., Wang S.J. Otsenka global'nykh prognozov vozobnovlyаемykh istochnikov energii [Assessing global renewable energy fore-

- casts]. *Energeticheskaya protsedura* [Energy Procedia], 2015, 75, pp. 2523–2528.
14. Moriarty P., Honnery D. Kakov global'nyy potentsial vozobnovlyae-moy energii? [What is the global potential for renewable energy?]. *Obzor vozobnovlyae-moy i ustoychivoy energetiki* [Renew & Sustain Energy Rev], 2012, 16, pp. 244–52.
  15. Turton H., Moura F. Transportnye sistemy dlya ustoychivogo razvitiya: Kompleksnyy energeticheskiy analiz [Vehicle-to-grid systems for sustainable development: An integrated energy analysis]. *Tekhnologicheskoe prognozirovaniye i sotsial'nye peremeny* [Technol Forecasting & Soc Change], 2008, 75, pp. 1091–1108.
  16. World Energy Council (WEC) World energy resources: 2013 survey. London: WEC, 2013.
  17. Fearnside P.M. Vybrosty parnikovykh gazov ot gidroelektrostantsiy: spory obespechivayut tramplin dlya pereosmysleniya predpolozhitel'no chistyiy istochnik energii [Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly clean energy source]. *Izmeneniye klimata* [Clim Change], 2004, 66(2–1), pp. 1–8.
  18. Rahimov E.A. Perspektivy avtomatizirovannykh avtomobiley dlya snizheniya transportnoy energii [Prospects for automated cars to decrease transportation energy]. *Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika* [Instruments and Systems. Monitoring, Control, and Diagnostics], 2019, № 11, pp. 11–16. DOI: <https://dx.doi.org/10.25791/pribor.11.2019.1001>.
  19. Crutzen P.J., Mosier A.R., Smith K.A., Winiwarer W. Vypusk  $N_2O$  iz proizvodstva agrobiotopliva predotvrashchaet global'noe poteplenie sokrashcheniye putem zameny iskopaemogo topliva [ $N_2O$  release from agrobiofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels]. *Atmosfera i khimicheskaya fizika* [Atmos Chem Phys], 2008, 8, pp. 389–395.
  20. Truelove H.B., Carrico A.R., Weber E.U., Raimi K.T., Vandenberg M.P. Polozhitel'nyy i otritsatel'nyy pobochnyy effekt proekologii povedeniya: integrativnyy obzor i teoreticheskie osnovy [Positive and negative



- spillover of pro-environmental behavior: An integrative review and theoretical framework]. *Global'noe izmenenie okruzhayushchey sredy* [Glob Environ Change], 2014, 29, pp. 127–138.
21. Merritt A.C., Effron D.A., Monin B. Moral'noe samolitsenzirovaniye: kogda my khoroshi, my stanovimsya plokhimi [Moral self-licensing: When being good frees us to be bad]. *Sotsial'nyy i lichnyy fizicheskiy kompas* [Soc & Person Psych Compass], 2010, 4/5, pp. 344–357.
22. Klockner C.A., Nayum A., Mehmetoglu M. Polozhitel'nye i otritsatel'nye pobochnye efekty ot pokupki elektromobilya do ispol'zovaniya avtomobilya [Positive and negative spillover effects from electric car purchase to car use]. *Transportnye issledovaniya* [Transp Res], 2013, 21, pp. 32–38.

#### **ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**Рагимов Эльмар Агарагим оглы**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института Географии имени акад. Г. Алиева  
*Национальная Академия Наук Азербайджана  
пр. Г.Джавида, 115, г. Баку, AZ1143, Азербайджан  
elmar\_rahimov@yahoo.com*

#### **DATA ABOUT THE AUTHOR**

**Rahimov Elmar Agarahim**, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Institute of Geography named after acad. H. Aliyev  
*Azerbaijan National Academy of Sciences  
115, H. Javid ave., Baku, AZ1143, Azerbaijan  
elmar\_rahimov@yahoo.com*