

DOI: 10.37791/2687-0657-2022-16-4-107-121

Экологическая целесообразность и экономические проблемы топливного перехода автомобилей

В. В. Каргинова-Губинова^{1*}

¹ *Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, Россия*

^{*} *vkarginowa@yandex.ru*

Аннотация. Рынок автомобильного топлива представляет высокий интерес для многих акторов. Целью данного исследования являются: комплексное выявление экологической целесообразности и существующих экономических проблем в распространении определенных видов автомобильного топлива; идентификация стейкхолдеров топливного перехода и их влияния на происходящие структурные изменения рынка. В исследовании использованы статистические данные о популярности транспортных средств и отдельных видов топлива, а также бухгалтерские и биржевые показатели автопроизводителей. Применены эконометрические методы, методы финансовой статистики; проведены анализ регулятивного воздействия и контент-анализ нормативных правовых актов. В ходе работы систематизированы потребительские, экологические и экономические характеристики различных видов автомобильного топлива. Показано, что распространенность отдельных видов топлива как в прошлом, так и в настоящее время объясняется в первую очередь не экологическими, а доминирующими экономическими интересами акторов. Выявлена сложность согласования интересов в топливной сфере и постепенное ограничение возможности оппортунистического воздействия на рынок коалиций интересов. Предложены направления корректировки экологических нормативов для транспорта, меры и инструменты повышения популярности отдельных видов альтернативного топлива и снижения эксплуатации личных автомобилей, при этом особое внимание уделено специфике российского рынка. Новизною исследования стало определение экологической целесообразности, тенденций распространения и существующих проблем, связанных с автомобильным топливом, с учетом широкой ретроспективы, природно-климатических и социально-экономических особенностей стран. Теоретическая значимость заключается в выявлении роли экологических и экономических интересов в произошедших и происходящих топливных переходах. Практическую ценность имеют рекомендации по решению существующих экологических проблем и обеспечению топливного перехода в мире и России в частности.

Ключевые слова: экологическая безопасность, альтернативные виды топлива, биотопливо, электромобили, водородные автомобили, водородная энергетика, европейские нормы выбросов, транспортная стратегия, Россия

Для цитирования: *Каргинова-Губинова В. В. Экологическая целесообразность и экономические проблемы топливного перехода автомобилей // Современная конкуренция. 2022. Т. 16. №4. С. 107–121. DOI: 10.37791/2687-0657-2022-16-4-107-121*

Ecological Expediency and Economic Problems of the Fuel Transition of Cars

V. Karginova-Gubinova

¹ *Institute of Economics of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia*
* *vkarginowa@yandex.ru*

Abstract. The vehicle fuel market are of high interest to many actors. The purpose of this study is to comprehensively identify the environmental feasibility and existing economic problems in the distribution of certain automobile fuels, to identify the fuel transition stakeholders and their influence on ongoing structural changes in the market. The study uses statistical data on the popularity of vehicles and certain fuels, as well as accounting and stock indicators of car manufacturers. Econometric methods, methods of financial statistics were used; regulatory impact analysis and content analysis of regulatory legal acts were carried out. In the course of the work, consumer, environmental and economic characteristics of different types of automobile fuel are systematized. It is shown that the prevalence of both more and less environmentally friendly fuels, both in the past and in the present, is explained primarily by the dominant economic interests of the actors rather than environmental ones. The complexity of coordination of interests in the fuel sphere and the gradual limitation of the possibility of opportunistic influence on the market of coalitions of interests are revealed. The directions of environmental standards adjustment for transport, measures and tools to increase the popularity of certain alternative fuels and reduce the exploitation of personal cars are proposed, with special attention paid to the specifics of the Russian market. The novelty of the study are the definition of environmental feasibility, distribution trends and existing problems associated with automotive fuels, taking into account a broad retrospective, natural and climatic and socio-economic characteristics of countries. Theoretical significance lies in identifying the role of environmental and economic interests in the past and ongoing fuel transitions. Of practical value are recommendations for solving existing environmental problems and ensuring the fuel transition in the world and the Russia, in particular.

Keywords: environmental safety, alternative fuels, biofuels, electric vehicles, hydrogen cars, hydrogen energy, European emission standards, transportation strategy, Russia

For citation: Karginova-Gubinova V. Ecological Expediency and Economic Problems of the Fuel Transition of Cars. *Sovremennaya konkurentsija*=Journal of Modern Competition, 2022, vol.16, no.4, pp.107-121 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0657-2022-16-4-107-121

Введение

В 2020 году в мире транспорт выделил 7,29 миллиарда метрических тонн углекислого газа, что составило 20,3% от общего объема их выбросов (рис. 1). Планируется, что к 2050 году число автомобилей увеличится в 2 раза, или на 1,2 миллиарда¹.

Рост числа эксплуатируемых транспортных средств повышает экономические интересы к транспортной сфере компаний различных отраслей. При этом текущий значительный негативный экологический след от автомобилей определяет особое внимание к их развитию и со стороны государства, и некоммерческих организаций. Население хочет, с одной стороны, иметь возможность быстро и комфортно передвигаться, а с другой – заинтересовано в высоком качестве окружающей среды. И противоречивость устано-

¹ The Global Mobility System Today // Sustainable Mobility for All. URL: <https://www.sum4all.org/the-global-mobility-system-today> (дата обращения: 16.05.2022).



Источник: составлено автором по данным портала Statista.

Рис. 1. Распределение мировых выбросов углекислого газа в 2020 году

Fig. 1. Distribution of global carbon dioxide emissions in 2020

вок приводит к конфликтам интересов различных стейкхолдеров транспортной сферы.

Целью данного исследования стало комплексное выявление экологической целесобразности и существующих экономических проблем в распространении определенных видов автомобильного топлива, идентификация стейкхолдеров топливного перехода и их влияния на происходящие структурные изменения рынка.

Теоретическая значимость заключается в выявлении роли экологических и экономических интересов в произошедших в прошлом и происходящих в настоящее время структурных изменениях распространенности транспортных средств, использующих различные виды топлива. Понимание важности отдельных интересов и выявленные стейкхолдеры транспортной сферы позволят предсказать ее развитие в будущем.

Практической значимостью работы можно признать, в первую очередь, сформированные рекомендации по решению существующих экологических проблем, в том числе применительно к разработке экологических нормативов для транспорта, повышению популярности отдельных видов альтернативного топлива и снижению эксплуатации личных автомобилей. Особое внима-

ние уделено специфике российского рынка, предложены наиболее актуальные направления и меры, стимулирующие отечественный топливный переход.

Обзор литературы

Известно, что соотношение сил разных групп стейкхолдеров определяет развитие отдельных компаний [1]. Различные заинтересованные стороны имеют разные взгляды и влияние на изменение ландшафта [2], трансформацию городов, в том числе их устойчивости [3], и отдельных отраслей (например, туризма [4] и энергетики [5]). При этом предложена система индикаторов почвы и воды, которая обеспечит полной информацией об их состоянии всех стейкхолдеров и облегчит принятие ими корректных решений, учитывающих достижения современной науки [6]. Показано, что когда решения принимаются заинтересованными сторонами, их реализация осуществляется более успешно и сопровождается меньшим числом конфликтов [7].

Отмечают, что различные стейкхолдеры по-разному относятся к подключенным и автономным транспортным средствам [8], а также электромобилям [9]. Разным акторам

электрические транспортные средства как предоставляют дополнительные возможности, так и создают новые угрозы [10]. В частности, к распространению электромобилей имеют интерес электроэнергетические предприятия, в то же время это невыгодно нефтяной промышленности, в которой, как и в автомобильной отрасли, потребуются значительные структурные изменения [11].

На примере Нидерландов подтверждено, что стратегии заинтересованных сторон обусловлены их интересами и ожиданиями от рынка электромобилей, а именно формирующейся конфигурацией социотехнической системы электромобильности. В настоящее время, на начальном этапе становления рынка, не отмечается повышенной обеспокоенности стейкхолдеров, однако в будущем это будет возможно лишь при проведении грамотной стратегии поддержки отрасли [10].

Мотивы к покупке электрических транспортных средств могут быть сформированы с помощью ориентированной на это политики государства [12]. Причем показана разная сила воздействия различных видов стимулов у заинтересованных сторон из Австрии, Великобритании, Германии, Испании и Нидерландов [13].

Таким образом, ранее проведенные исследования показали значительное воздействие интересов стейкхолдеров на развитие отдельных сфер. При этом не проведено комплексное изучение эколого-экономических интересов в отношении развития альтернативных видов топлива и использующих их транспортных средств, а также отсутствует систематизация их потребительских, экологических и экономических характеристик. Данные вопросы, с учетом широкой ретроспективы, природно-климатических и социально-экономических особенностей стран, будут раскрыты в этой статье. Они позволят установить экологическую целесообразность, тенденции распространения и существующие проблемы, связанные с автомобильным топливом, и определяют новизну исследования.

Материалы и методы

Основными источниками информации выступили данные Международного энергетического агентства, портала Statista, а также:

- по российскому рынку – аналитического агентства «Автостат»;
- по европейскому рынку – Европейской ассоциации автопроизводителей;
- по рынку США – Управления энергетической информации США;
- по рынку газомоторного топлива – организации NGV Global;
- по рынку водорода – организации Hydrogen Central;
- по экономическим показателям автопроизводителей – портала Yahoo Finance;
- по ценам на различные виды топлива – портала GlobalPetrolPrices.

В работе для оценки популярности отдельных видов топлива и динамики ее изменения использовались эконометрические методы. Определение финансового состояния производителей транспортных средств осуществлено с помощью расчета экономических показателей их деятельности и биржевых мультипликаторов. Эффективность и перспективы проводимой государственной политики оценены с помощью анализа регулятивного воздействия и контент-анализа нормативных правовых актов. Также применены общенаучные методы для обобщения полученных результатов, формулирования выводов и рекомендаций дальнейшего развития альтернативных видов топлива в России и мире в целом.

Результаты и обсуждение

Динамика популярности видов автомобильного топлива в конце XIX – XX веке

В разное время и в разных странах различные виды топлива получали большее или меньшее распространение. При этом расхождение экологических характеристик отдельных видов приводило к тому, что транспортные средства наносили более или ме-

нее существенный ущерб окружающей среде (табл. 1).

В начале 1890-х годов темные нефтепродукты (в частности мазут) преимущественно сжигались из-за отсутствия спроса. Постепенно компании стали продвигать данные продукты в качестве топлива взамен угля:

в Standard Oil для этого был сформирован специальный отдел. Вскоре мазут стал активно использоваться как топливо поездов или, например, промышленных печей.

И хотя спрос на светлые нефтепродукты изначально был больше, нефтяные компании, безусловно, были заинтересованы в расши-

Таблица 1. Потребительские, экологические и экономические характеристики различных видов топлива и использующих их транспортных средств

Table 1. Consumer, environmental and economic characteristics of various fuels and vehicles using them

Характеристика <i>Characteristic</i>	Бензин <i>Gasoline</i>	Ди- зель <i>Diesel</i>	Газ <i>Gas</i>	Электро- энергия <i>Electricity</i>	Водород <i>Hydrogen</i>	Биоэтанол <i>Bioethanol</i>	Биоди- зель <i>Biodiesel</i>
Возобновляемость <i>Renewability</i>	Нет <i>No</i>	Нет <i>No</i>	Нет <i>No</i>	Да <i>Yes</i>	Да <i>Yes</i>	Да <i>Yes</i>	Да <i>Yes</i>
Экологичность [*] : производства <i>Environmental friendliness: production</i>	L	L	H	M	M	L	M
сгорания <i>combustion</i>	L	L	M	H	H	H	H
Возможность транспорти- ровки и хранения <i>Ability to transport and store</i>	H	H	H	M	L	M	M
Возможность работы в широком диапазоне температур <i>Ability to work in a wide temperature range</i>	H	M	H	M	H	M	M
Опасность использования <i>Danger of use</i>	M	L	M	M	M	M	L
Топливная экономичность <i>Fuel efficiency</i>	L	M	VL	VH	H	L	M
Стоимость топлива на км ^{**} <i>Fuel cost per kilometer</i>	M	H	L	VL	VH	VH	VH
Затраты на обслуживание транспортного средства ^{**} <i>Vehicle maintenance costs</i>	L	H	M	VH	VH	L	H
Стоимость транспортного средства ^{**} <i>Vehicle cost</i>	L	M	M	H	VH	VH	VH

^{*} с учетом текущих доступных технологий; ^{**} для России;

VL – очень низкая(ий), L – низкая(ий), M – средняя(ий), H – высокая(ий), VH – очень высокая(ий).

Источник: составлено автором по данным Международного энергетического агентства, портала GlobalPetrolPrices и [14, 15].

рени и их рынка сбыта, например в переводе всех автомобилей со спирта на бензин. На рубеже XIX–XX веков спирт как топливо для автомобилей был популярен во многих европейских странах и США [16]. И массовый отказ от спиртового топлива и переход на бензин часто связывают с влиянием нефтедобывающих и перерабатывающих компаний. В частности, владельцы Standard Oil выступали против отмены в 1906 году в США налога на технический спирт [17], и Джон Рокфеллер-младший поддерживал, в том числе финансово, сухой закон. Хотя важно помнить, что, как и его отец, Дж. Рокфеллер-младший всю жизнь был трезвенником и, увидев неспособность законодательного запрета алкоголя ограничить его употребление, а также порождаемую им преступность и коррупцию, стал спонсировать исследования альтернативных моделей ограничения распространения алкоголя, в частности его лицензирование и установление государственной монополии на производство [18].

В то же время нельзя не отметить, что распространенность спирта и бензина во многом отражала динамику их цен. Так, в США даже после отмены налога на спирт он стоил примерно в два раза дороже бензина, и бензин постепенно начал захватывать рынок. Во время Первой мировой войны, когда в Европе был дефицит выращиваемого зерна, цены на него резко поднялись и, соответственно, выросла цена на этанол, производимый из растительного сырья, а спрос на бензин еще больше увеличился. В начале 30-х годов благодаря механизации сельского хозяйства зерно вновь стало очень дешевым, но в конце десятилетия опять уступило подешевевшему бензину [16]. В ходе Второй мировой войны из-за большого спроса на нефть спирт как топливо получил определенное распространение, особенно в США и Бразилии, однако с окончанием военных действий на ближайшие три десятилетия в большинстве стран основным топливом вследствие резкого падения цен нефти стал бензин [19].

До начала 20-х годов сторонники спирта обращали внимание на то, что у бензина

меньшее октановое число, это приводило к возникновению детонации, однако в 1921 году инженер General Motors Томас Мидгли открыл, что при добавлении к бензину тетраэтилсвинца его октановое число повышается. В середине 60-х годов благодаря Клэру Паттерсону [20] стали появляться исследования, свидетельствующие о вреде свинца для здоровья человека. К. Паттерсон призвал отказаться от добавления свинца в бензин, что, конечно, встретило большое сопротивление автопроизводителей. Но свинец не только негативно влияет на здоровье, он также ограничивает срок службы каталитических нейтрализаторов, предназначенных для очистки автомобильных выхлопов, а в 70-х годах выбросы угарного газа и углеводородов привели к существенному загрязнению городского воздуха. И в 1975 году в США было введено требование установки катализатора на производимые машины и ограничение использования этилированного бензина для защиты их работы.

Автомобили, потребляющие дизель, стоили дороже тех, что работали на бензине, однако позволяли снизить расходы на топливо. Поэтому данные транспортные средства стали популярны у активно использующих транспорт (в грузоперевозках, такси и т. д.). В 70-е годы в связи с ростом цен на нефть и, соответственно, бензин в Европе стал более распространен дизель. В СССР он не получил большой популярности из-за стремления производить дешевые бензиновые автомобили и сурового климата во многих регионах: при низких температурах дизель становится вязким.

К существенному изменению рынка автомобильного топлива привело принятие в Европе (странах Европейского союза, Европейской экономической зоны и Великобритании) для новых продаваемых транспортных средств Европейских стандартов выбросов выхлопных газов (монооксида углерода, углеводородов, оксидов азота и твердых частиц). Данные стандарты вводятся поэтапно и ограничивают предельный уровень каждого ви-

да выбросов по транспортным группам: легковые автомобили, грузовые и т.д.; на каждом следующем этапе выдвигаются более жесткие требования к выбросам. На сегодня с 1992 по 2006 год было введено шесть стандартов, ожидается седьмой.

На стандарты выбросов Европы ориентируются и неевропейские страны, в частности США и Россия. В США нормативы по выхлопным газам устанавливает Агентство по охране окружающей среды, однако большая доля полномочий передана на уровень штатов. В России с 1 января 2016 года действует стандарт Евро-5, до 1 февраля 2023 года временно разрешен выпуск автомобилей всех классов экологичности.

При этом эффективность европейских норм является крайне дискуссионным вопросом в силу того, что их действие ограничивается лишь новыми транспортными средствами и не учитывает выбросы, образующиеся при эксплуатации шин и тормозных систем. С учетом технических ограничений бесконечного снижения выбросов от двигателя внутреннего сгорания и, по всей видимости, необходимости отказа от него для дальнейшего повышения экологичности автомобилей в рамках проводимой стратегии выглядит целесообразным при принятии последующих норм в первую очередь обратить внимание на выбросы не двигателя и топлива, а шин и тормозных систем.

В целом же повышение экологичности автомобильного топлива во многом стало возможно за счет истощения ископаемых энергетических ресурсов и роста цен на нефть: у производителей и потребителей появились и экономические стимулы перейти на альтернативные бензину виды топлива.

Распространенность в мире отдельных видов автомобильного топлива в начале XXI века

По данным Управления энергетической информации, в 2012 году в мире среди всех видов транспортного топлива доля бензина составляла 40%, дизеля – 37%, авиакеросина –

12%, мазута – 9%, сжиженного газа – 1%, природного газа и электроэнергии – менее 1%².

За последнее десятилетие доля альтернативных источников существенно увеличилась. Рост потребления биотоплива (биоэтанола, биодизеля и гидрированного растительного масла) с 2010 по 2019 год в среднем в мире был около 5%, однако в 2020 году упал на 8%. Это стало следствием пандемии COVID-19 и ограничения мобильности, роста цен на сою и кукурузу и одновременно снижения на нефть. Сейчас биотопливо составляет примерно 3% в общем объеме транспортного топлива, при этом лишь 7% всего биотоплива произведено из отходов, не-продуктов питания. Биоэтанол в 2020 году обеспечил 70,6% общего объема произведенного биотоплива³. Доля газомоторного топлива у автомобилей – 2%⁴.

Повышение долей электроэнергии и водорода связано, соответственно, с ростом продаж электрических и водородных транспортных средств. Так, в 2020 году общий объем проданных электромобилей составил 4,11%, увеличившись с 2012 года на 3,94 процентных пункта⁵, однако доля эксплуатируемых легковых электромобилей в 2020 году осталась менее 1%, доля водородных – 0,29% (табл. 2).

² Transport Uses 25 Percent of World Energy // The Maritime Executive. URL: <https://www.maritime-executive.com/article/transport-uses-25-percent-of-world-energy> (дата обращения: 16.05.2022).

³ Transport Biofuels. About this report // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/transport-biofuels> (дата обращения: 16.05.2022); Transport biofuels. COVID-19 causes the first contraction in biofuel output in two decades // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/transport-biofuels> (дата обращения: 16.05.2022).

⁴ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г.

⁵ Рассчитано автором на основании: Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales // IEA. URL: <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales> (дата обращения: 16.05.2022).

Таблица 2. Распространение электрических и водородных автомобилей в 2020 году в мире, %
Table 2. Distribution of electric and hydrogen vehicles in 2020 in the world, %

Вид транспортного средства <i>Transport mode</i>	Доля в общем объеме эксплуатируемых транспортных средств <i>Share of total vehicles in operation</i>		Доля среди эксплуатируемых электрических и водородных легковых автомобилей <i>Share of electric and hydrogen passenger cars in operation</i>			Доля среди проданных электрических и водородных легковых автомобилей <i>Share of electric and hydrogen passenger cars sold</i>		
	EV	FCEV	BEV	PHEV	FCEV	BEV	PHEV	FCEV
Автобусы <i>Buses</i>	Н/д <i>N/a</i>	Н/д <i>N/a</i>	85,41	13,57	1,01	93,45	5,13	1,42
Грузовые автомобили <i>Trucks</i>	Н/д <i>N/a</i>	Н/д <i>N/a</i>	90,05	0,67	9,29	99,18	0,37	0,44
Легковые автомобили <i>Passenger cars</i>	0,94	0,29	66,97	32,72	0,31	67,23	32,45	0,32
Фургоны <i>Vans</i>	Н/д <i>N/a</i>	Н/д <i>N/a</i>	98,00	1,92	0,08	93,09	6,88	0,03

Примечание: BEV – электромобили на аккумуляторных батареях, PHEV – гибридные электромобили, FCEV – автомобили с водородными топливными элементами, EV – сумма BEV и PHEV.

Источник: рассчитано автором на основании: Global EV Data Explorer. URL: <https://www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 16.05.2022).

Сопоставляя распространенность электрических и водородных автомобилей, стоит обратить внимание на существенно большую популярность электромобилей. Водородные топливные элементы больше всего распространены среди грузовиков, наибольшая доля в продажах – у автобусов. Водородные автомобили популярны в Республике Корея, в меньшей степени – в Японии и США, причем в Японии и Республике Корея повышается частотность водородного транспорта: его доля в продажах больше текущей доли в эксплуатируемых автомобилях⁶.

Остановимся более подробно на характеристиках топлива, используемого сегодня.

1. *Ископаемые виды топлива: бензин, дизель, газ*

Бензин, дизель и газ производятся из невозобновляемых ресурсов. Использование дизеля сопровождается меньшими выбросами угарного газа, и этот вид топлива

долгое время считался более экологичным, чем бензин. Но дизель приводит к более высоким выбросам оксидов азота. Включение норм по ним на третьем этапе принятия Европейских стандартов выбросов выхлопных газов вызвало постепенный отказ от дизеля в Европе: в 2010 году более половины всех новых европейских автомобилей имели дизельный двигатель⁷; в первом квартале 2021 года дизельное топливо использовалось в 22,1% новых автомобилей⁸.

Газ является более экологичным топливом, чем бензин и дизель – приводит к меньшим выбросам углеводородов, оксидов углерода и азота. Этот вид топлива наиболее распространен в Пакистане: по данным

⁷ The Automobile Industry Pocket Guide. 2014–2015 // ACEA. URL: https://www.acea.auto/uploads/publications/POCKET_GUIDE_2014_FINAL_102014.pdf (дата обращения: 16.05.2022).

⁸ Fuel types of new cars: battery electric 10.0%, hybrid 25.1% and petrol 36.0% market share in Q1 2022 // ACEA. URL: <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-10-0-hybrid-25-1-and-petrol-36-0-market-share-in-q1-2022/> (дата обращения: 16.05.2022).

⁶ Рассчитано автором на основании: Global EV Data Explorer // IEA. URL: <https://www.iea.org/articles/global-ev-data-explorer> (дата обращения: 16.05.2022).

организации NGV Global, примерно три четверти автомобилей в общем числе эксплуатируемых транспортных средств используют природный газ.

2. Электроэнергия и водород

Экологичность электромобилей в первую очередь определяется характеристиками доступной электроэнергии. При этом их аккумуляторы состоят из катода из кобальтата лития (LiCoO_2) и графитового (C_6) анода, однако и литий, и кобальт – редкие и дорогие материалы. Основным источником лития являются солончаки, расположенные в Южной Америке (Чили, Аргентине и Боливии), Северной Америке и Китае, а технологии их добычи требуют больших объемов пресной воды, являющейся ценным ресурсом на засушливых и удаленных территориях [21]. Более половины кобальта добывается в Демократической Республике Конго, при этом в районах добычи наблюдается сильное загрязнение окружающей среды, а у местного населения высокий уровень кобальта в моче и крови, у детей – окислительное повреждение ДНК [22]. И сложность, и разнообразие аккумуляторов приводят к тому, что, несмотря на высокую стоимость их компонентов, лишь единицы подвергаются какой-либо переработке, большинство попадает на свалку.

Экологические характеристики производства водорода зависят от выбранного метода: наибольшее негативное воздействие (выделение максимума углерода) происходит при паровом риформинге природного газа или газификации угля («серый» водород), наименьшее – при электролизе воды с использованием электроэнергии из возобновляемых источников («зеленый» водород) или атомной энергии («желтый» водород). В то же время электролиз требует больших объемов пресной воды – ценного ресурса в ряде регионов. Потенциально водородная энергетика может привести к истощению гидросферы, однако темпы данного процесса будут настолько малы, что вряд ли человечество или кто-либо еще сможет ощутить их.

Распространение и электромобилей, и водородного транспорта в первую очередь ограничивается недостаточно развитой или полностью отсутствующей инфраструктурой для зарядки (заправки) автомобилей. При этом, с точки зрения потребителей, преимуществом водородного транспорта, по сравнению с электромобилями, является быстрая скорость его заправки.

Для водителей есть и еще одно достоинство электроэнергии и водорода: их производство требует лишь первичных энергетических ресурсов и, соответственно, может быть осуществлено большим числом акторов из разных стран. Следовательно, крайне затруднен их сговор и лоббирование собственных интересов, повышение цен на топливо, что, в частности, возможно в отношении нефти.

3. Биотопливо

Существенным ограничением использования биотоплива является зависимость его стоимости от погодных условий и урожайности сельскохозяйственных культур, трата продуктов питания, что приводит к росту цен на них и усугублению проблемы голода. Отметим, что разница сельскохозяйственных угодий в различных странах делает их более пригодными для разных культур, которые, в свою очередь, в большей или меньшей степени подходят для производства определенного вида биотоплива. Биоэтанол преимущественно изготавливают из сахарного тростника, кукурузы и пшеницы, биодизель – из масличных культур: рапса, сои, подсолнечника. В то же время на сегодняшний день уже найден эффективный способ получения спирта в рамках электрохимического процесса [23].

Крупнейшим потребителем биотоплива (биоэтанола) в последние годы стала Бразилия⁹, причем это является следствием скорее не заботы об экологии, а резким ростом цен на нефть в 70-е годы XX века – в то

⁹ Transport Biofuels. About this report // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/transport-biofuels> (дата обращения: 16.05.2022).

время Бразилия импортировала около 80% используемой нефти. Одновременно с этим произошло резкое снижение цен на сахар, и в 1975 году в Бразилии была учреждена Национальная алкогольная программа, направленная на поддержку сахаропроизводителей и использование в качестве добавки к бензину алкоголя, изготавливаемого из сахарного тростника.

Интересы к производству автомобилей, использующих альтернативные источники энергии

Крупнейшими производителями электромобилей стали Tesla (США), Volkswagen Group (Германия), BYD Co. (Китай), General Motors (США) и Stellantis (Нидерланды). Основным рынком для Tesla является США и Китай, для Volkswagen Group и Stellantis – Европа, для YD Co. и General Motors – Китай¹⁰. Крупнейшие производители водородных автомобилей – Hyundai Motor Company (Южная Корея) и Toyota Motor Corporation (Япония)¹¹.

Интерес к переходу на водородный транспорт в первую очередь есть у производителей водорода и других газов, к таким можно отнести Air Liquide (Франция), Linde Group (Германия), Air Products and Chemicals и Praxair (США), которые инвестируют в водородную инфраструктуру, автозаправочные станции. И именно в США, Германии и Франции наблюдается достаточно высокий интерес к водородным автомобилям среди потребителей.

Производство и большие объемы продаж в Республике Корея и Японии можно объяснить высокой численностью и плотностью

населения данных стран. Нераспространенность индивидуального жилья усложняет установку частных зарядных станций, а именно они в условиях слабо развитой инфраструктуры могли бы поддержать рынок. Кроме того, в этих странах значительно проще построить заправки для водородного транспорта.

Интерес к производству электромобилей имеет ряд экономических обоснований. Несмотря на то что сегодня затраты на выпуск электрических автомобилей, по сравнению с традиционными, выше, в 2027 году это соотношение может измениться¹². И автопроизводители уже сейчас стремятся войти на новый рынок – позже это будет значительно сложнее.

Существуют противоречивые данные о связи уровня экологической ответственности и финансовых показателей организаций [24], но на примере Tesla мы видим, что компании, специализирующиеся на выпуске электромобилей, могут быть крайне привлекательными для инвесторов. На сегодняшний день Tesla – самая дорогая автомобильная компания в мире, хотя и не имеет ни максимальной рентабельности, ни максимальной выручки на рынке. В то же время высокие значения мультипликаторов P/E, P/S и EV/EBITDA свидетельствуют о переоцененности корпоративных акций, что с учетом возможной коррекции котировок повышает риск вложений для инвесторов¹³. В целом же, финансовые показатели Tesla приводят к тому, что производством электрических транспортных средств начинают интересоваться компании, ранее специализирующиеся на иных сферах деятельности. Так, например, корпорация Apple совместно с Hyundai Motor Company собирается выпустить свой электромобиль.

¹⁰ Electric cars fend off supply challenges to more than double global sales // IEA. URL: <https://www.iea.org/commentaries/electric-cars-fend-off-supply-challenges-to-more-than-double-global-sales> (дата обращения: 16.05.2022).

¹¹ Hydrogen Fuel Cell Passenger Vehicles Have All-Time High Sales in 2021, Says Information Trends // Hydrogen Central. URL: <https://hydrogen-central.com/hydrogen-fuel-cell-passenger-vehicles-time-high-sales-2021-information-trends/> (дата обращения: 16.05.2022).

¹² Electric cars 'will be cheaper to produce than fossil fuel vehicles by 2027' // The Guardian. URL: <https://www.theguardian.com/business/2021/may/09/electric-cars-will-be-cheaper-to-produce-than-fossil-fuel-vehicles-by-2027> (дата обращения: 16.05.2022).

¹³ Рассчитано автором по данным портала Yahoo Finance.

Лидерами по выпуску биоэтанола являются США и Бразилия, биодизеля и гидролизованного растительного масла – Европа. Ожидается существенный рост производства биоэтанола в Китае, а биодизеля и гидролизованного растительного масла – в США¹⁴.

Топливный переход в России

За последние 10 лет численность транспортных средств в России увеличилась на 31% и на 1 января 2021 года составила 60 миллионов. Основным топливом является бензин. Дизель используют 5% легковых автомобилей, 32% легких коммерческих, 49% среднетоннажных и 99% крупнотоннажных автомобилей.

В 2020 году в России в общем объеме топливопотребления автотранспортных средств доля альтернативных видов составила 7%, в том числе газомоторного топлива – 5,99%, электроэнергии – менее 1%, однако за год число электромобилей увеличилось на 71%, и на 1 января 2021 года в России было зарегистрировано 10 836 легковых электромобилей, из них свыше 80% – модели Nissan Leaf¹⁵.

В Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года¹⁶ в качестве приоритетных видов топлива, способных заменить бензин, рассматриваются сжиженный природный газ и электроэнергия. При этом газификация транспорта требует развития производства газа, в том числе заводов сжижения природного газа, и строительства

заправочной инфраструктуры; в качестве сдерживающего фактора рассматривается отсутствие конкурентоспособных отечественных технологий выпуска автомобилей, работающих на сжиженном природном газе.

Снижение высокой стоимости перевода транспортных средств на газ в настоящее время решается с помощью выделения государственных субсидий. В то же время взрывоопасность газа, значительный объем газового баллона, занимающего большую часть багажника, а также необходимость использования и, соответственно, покупки бензина для запуска холодного мотора снижают привлекательность газомоторного топлива для потребителей.

В соответствии с Концепцией по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года, в России к 2030 году планируется произвести не менее 10% электромобилей в общем объеме выпускаемых транспортных средств, а также запустить в эксплуатацию не менее 72 тысяч зарядных станций.

При этом пространственная протяженность России и особенность электромобилей (необходимость их зарядки) ограничивают эффективность данного транспортного средства для отечественных потребителей: будет необходимо либо выпускать модели с большими аккумуляторами, что достаточно дорого, либо строить широкую сеть зарядных станций, что также требует больших вложений.

В отношении водородного транспорта в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года отмечается его экологичность, однако себестоимость производства и логистики делают водород очень дорогим видом топлива. В соответствии с Концепцией развития водородной энергетики в Российской Федерации, широкомасштабное распространение водородных автомобилей начнется после 2035 года.

При этом так как рынок водородного топлива выдвигает минимальные требования к ресурсам страны-производителя,

¹⁴ Transport biofuels. Covid-19 causes the first contraction in biofuel output in two decades // IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/transport-biofuels> (дата обращения: 16.05.2022).

¹⁵ Автомобильный парк: на чем ездят россияне? // Автостат. URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/47703/> (дата обращения: 16.05.2022).

¹⁶ Доклад о реализации Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года. Отчетный период: 2020 год // Минтранс РФ. URL: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents> (дата обращения: 16.05.2022).

российские компании могут столкнуться с жесткой конкуренцией со стороны зарубежных акторов. Таким образом, данное направление может быть эффективным лишь при использовании новейших технологий и постоянном внедрении инноваций.

Отметим, что уже сейчас в России разрабатываются проекты электромобилей (например, E-Neva концерна ВКО «Алмаз-Антей») и водородных автомобилей (Augus Senat, Институт «НАМИ»).

Высокая конкуренция на внешних рынках повышает интерес ПАО «Газпром» к увеличению популярности газомоторного топлива. Интерес развития водородной энергетики есть у трех ключевых акторов: ПАО «Газпром», ПАО «НОВАТЭК» и госкорпорации «Росатом»; всего в Атлас российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного водорода и аммиака вошли 33 проекта в 18 российских субъектах. При этом ПАО «Газпром» в первую очередь стремится диверсифицировать бизнес и обращает внимание на вторичность водорода как энергоносителя, предлагая полностью реализовать низкоуглеродный потенциал природного газа. Госкорпорация «Росатом» также заинтересована в диверсификации и использовании недозагруженных мощностей, например Кольской АЭС.

Есть конфликт интересов и между потенциальными производителями водорода, в частности по поводу его транспортировки: строительство новых газопроводов будет иметь очень долгую окупаемость; можно использовать текущие, усилив меры безопасности, однако в ПАО «Газпром» полагают, что трубопроводы следует оставить для природного газа, а проблему транспортировки решить производством водорода и метано-водородного топлива непосредственно вблизи крупных потребителей (заводов и т.д.). Есть проекты по транспортировке водорода в виде аммиака.

Факторами, существенно ограничивающими распространение биотоплива в России, являются отсутствие программ государствен-

ной поддержки, ограниченные объемы сырья и нехватка опыта выращивания нужных сельскохозяйственных культур. В России наиболее целесообразно производить биодизель, и максимально подходящей культурой является рапс: он не так быстро, как подсолнечник, истощает почву. Рапс можно выращивать во многих регионах средней полосы и на юге страны, однако его урожайность будет ниже, чем в Германии и Польше [25]. Кроме того, стоит обратить внимание на потенциал производства биотоплива в рамках электрохимического процесса или из отходов.

Заключение

И отказ от более экологичного спирта в пользу бензина, и добавление в бензин свинца – во вред экологии и здоровью человека – произошли преимущественно из-за экономических интересов. Аналогично, в первую очередь экономическими причинами, можно объяснить распространенность в разных странах бензина, дизеля или более экологичных газа и биоэтанола в XX веке. В конце XX – начале XXI века введение нормативов по выбросам выхлопных газов, безусловно, продиктовано экологическими интересами, однако во многом было возможно из-за роста цен на нефть и истощения ископаемых ресурсов в развитых странах – альтернативные технологии производства топлива стали более рентабельны, а иногда и единственно возможными.

Сейчас рынок автомобилей и топлива для них имеет несколько ярко выраженных полюсов интересов к повышению популярности электромобилей, транспортных средств на водороде или биотопливе. Причем их возможности оппортунистической коррекции параметров рынка все больше ограничиваются. Конкуренция производителей автомобилей и их топлива способствует снижению цен, но экономически невыгодна: необходимо развивать инфраструктуру для всех видов топлива, выбор единого направления в силу существующих конфликтов ин-

тересов пока представляется утопической идеей. Это возможно в одной небольшой стране, но и тут могут возникнуть проблемы: из-за отсутствия инфраструктуры для иных видов топлива может уменьшиться число туристов и деловых контактов.

В России сегодня с учетом топливной экономичности и стоимости ресурсов наиболее дешевым является использование газа, потом дизеля и бензина. Распространение прочих видов топлива осложняется высокой ценой его самого (за исключением электроэнергии) и работающих на нем

транспортных средств. Развитие водородной энергетики прежде всего требует решения вопроса транспортировки водорода.

В целом, для обеспечения экологической безопасности необходимы первоочередное внимание нормированию выбросов от эксплуатации шин и тормозных систем, проработанные программы утилизации старых автомобилей, развитие и популяризация общественного транспорта, каршеринга и велосипедов. Также требуется снизить частоту возгораний аккумуляторов электромобилей, взрывов водорода и биоэтанола.

Список литературы

1. *Freeman R.E.* Strategic Management: A Stakeholder Approach. – Boston: Harpercollins College Div, 1984. – 275 p.
2. *Mustăţea M., Pătru-Stupariu I.* Using Landscape Change Analysis and Stakeholder Perspective to Identify Driving Forces of Human-Wildlife Interactions // *Land*. 2021. Vol. 10. No. 146. P. 1–22. DOI: 10.3390/land10020146.
3. *Lin C.L.* Evaluating the urban sustainable development strategies and common suited paths considering various stakeholders // *Environment, Development and Sustainability*. 2022 (in press). DOI: 10.1007/s10668-021-02021-8.
4. *Waligo V. M., Clarke J., Hawkins R.* Implementing sustainable tourism: A multi-stakeholder involvement management framework // *Tourism Management*. 2013. Vol. 36. P. 342–353. DOI: 10.1016/j.tourman.2012.10.008.
5. *Wu Q., Wu C.-Y., Lu T.* Study on the stakeholders of energy system in China // 2008 International Conference on Management Science and Engineering 15th Annual Conference Proceedings, 2008. P. 1524–1530. DOI: 10.1109/ICMSE.2008.4669107.
6. *Blum W. E. H., Varallyay G.* Soil indicators and their practical application, bridging between science, politics and decision making // ISCO 2004 final program & abstract book: 13th International Soil Conservation Organization Conference: conserving soil and water for society: sharing solutions. 2004. Article 202. P. 1–5.
7. *Voinov A., Bousquet F.* Modelling with stakeholders // *Environmental Modelling and Software*. 2010. Vol. 25. No. 11. P. 1268–1281. DOI: 10.1016/j.envsoft.2010.03.007.
8. *Kacperski C., Vogel T., Kutzner F.* Ambivalence in Stakeholders' Views on Connected and Autonomous Vehicles. – In: *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design*. HCII 2020. Lecture Notes in Computer Science. – Springer, 2020. Vol. 12212. P. 46–57. DOI: 10.1007/978-3-030-50523-3_4.
9. *Costa E., Horta A., Correia A. et al.* Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective // *International Journal of Sustainable Transportation*. 2021. Vol. 15. No. 11. P. 865–878. DOI: 10.1080/15568318.2020.1827317.
10. *Bakker S., Maat K., van Wee B.* Stakeholders interests, expectations, and strategies regarding the development and implementation of electric vehicles: The case of the Netherlands // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2014. Vol. 66. No. 1. P. 52–64. DOI: 10.1016/j.tra.2014.04.018.
11. *Chaturvedi B. K., Nautiyal A., Kandpal T. C., Yaqoot M.* Projected transition to electric vehicles in India and its impact on stakeholders // *Energy for Sustainable Development*. 2022. Vol. 66. P. 189–200. DOI: 10.1016/j.esd.2021.12.006.
12. *Sahoo D., Harichandan S., Kar S. K., Sreejesh S.* An empirical study on consumer motives and attitude towards adoption of electric vehicles in India: Policy implications for stakeholders // *Energy Policy*. 2022. Vol. 165. Article 112941. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112941.
13. *Santos G., Davies H.* Incentives for quick penetration of electric vehicles in five European countries: Perceptions from experts and stakeholders // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2020. Vol. 137. P. 326–342. DOI: 10.1016/j.tra.2018.10.034.
14. *Савосько О.В.* Сравнительная оценка использования альтернативных источников энергии // *Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»*. 2013. №3 (59). С. 111–116.
15. *Ghadikolaei M. A., Wong P. K., Cheung C. S. et al.* Why is the world not yet ready to use alternative fuel vehicles? // *Heliyon*. 2021. Vol. 7. No. 7. P. 1–27. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07527.

16. *Carolan M. S.* Ethanol versus Gasoline: The Contestation and Closure of a Socio-technical System in the USA // *Social Studies of Science*. 2009. Vol. 39. No. 3. P. 421–448. DOI: 10.1177/0306312708101049.
17. *Kovarik B.* Henry Ford, Charles Kettering and the fuel of the future // *Automotive History Review*. 1998. Vol. 32. P. 7–27.
18. *Fosdick R. B.* John D. Rockefeller, Jr.: A Portrait. – New York: Harper and Brothers, 1956. – 477 p.
19. *Rosillo Calle F., Walter A.* Global market for bioethanol: historical trends and future prospects // *Energy for Sustainable Development*. 2006. Vol. 10. No. 1. P. 20–32. DOI: 10.1016/S0973-0826(08)60504-9.
20. *Patterson C. C.* Contaminated and Natural Lead Environments of Man // *Archives of Environmental Health: An International Journal*. 1965. Vol. 11. No. 3. P. 344–360. DOI: 10.1080/00039896.1965.10664229.
21. *Szlugaj J., Radwanek-Bqk B.* Lithium sources and their current use // *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*. 2022. Vol. 38. No. 1. P. 61–87. DOI: 10.24425/gsm.2022.140613.
22. *Banza Lubaba Nkulu C., Casas L., Haufroid V. et al.* Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo // *Nature Sustainability*. 2018. Vol. 1. No. 9. P. 495–504. DOI: 10.1038/s41893-018-0139-4.
23. *Song Y., Peng R., Hensley D. K., Bonnesen P. V. et al.* High-Selectivity Electrochemical Conversion of CO₂ to Ethanol using a Copper Nanoparticle/N-Doped Graphene Electrode // *ChemistrySelect*. 2016. Vol. 1. No. 19. P. 6055–6061. DOI: 10.1002/slct.201601169.
24. *Каргинова-Губинова В. В.* Причинно-следственная связь экологических и финансовых показателей российских промышленных компаний // *Мир экономики и управления*. 2021. Т. 21. № 3. С. 70–88. DOI: 10.25205/2542-0429-2021-21-3-70-88
25. *Лушникова М.* Российские компании готовы делать биотопливо только на экспорт [Электронный ресурс] // *Агротехника и технологии*. 2007. № 2. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/14686-a-nam-ono-nado/> (дата обращения: 01.09.2022).

Сведения об авторе

Каргинова-Губинова Валентина Владимировна, ORCID 0000-0002-8630-3621, канд. экон. наук, научный сотрудник, отдел региональной экономической политики, Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, Россия, vkarginowa@yandex.ru

Поддержка исследований

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания КарНЦ РАН «Комплексное исследование и разработка основ управления устойчивым развитием северного и приграничного поясов России в контексте глобальных вызовов».

Статья поступила 19.05.2022, рассмотрена 09.06.2022, принята 18.07.2022

References

1. Freeman R. E. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Boston, Harpercollins College Div, 1984, 275 p.
2. Mustăţea M., Pătru-Stupariu I. Using Landscape Change Analysis and Stakeholder Perspective to Identify Driving Forces of Human-Wildlife Interactions. *Land*, 2021, vol.10, no.146, pp.1-22. DOI: 10.3390/land10020146.
3. Lin C. L. Evaluating the urban sustainable development strategies and common suited paths considering various stakeholders. *Environment, Development and Sustainability*, 2022 (in press). DOI: 10.1007/s10668-021-02021-8.
4. Waligo V. M., Clarke J., Hawkins R. Implementing sustainable tourism: A multi-stakeholder involvement management framework. *Tourism Management*, 2013, vol.36, pp.342-353. DOI: 10.1016/j.tourman.2012.10.008.
5. Wu Q., Wu C.-Y., Lu T. Study on the stakeholders of energy system in China. 2008 International Conference on Management Science and Engineering 15th Annual Conference Proceedings, 2008, pp.1524-1530. DOI: 10.1109/ICMSE.2008.4669107.
6. Blum W. E. H., Varallyay G. Soil indicators and their practical application, bridging between science, politics and decision making. *ISCO 2004 final program & abstract book: 13th International Soil Conservation Organization Conference: conserving soil and water for society: sharing solutions*, 2004, pp.1-5.
7. Voinov A., Bousquet F. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software*, 2010, vol.25, no.1, pp.1268-1281. DOI: 10.1016/j.envsoft.2010.03.007.
8. Kacperski C., Vogel T., Kutzner F. Ambivalence in Stakeholders' Views on Connected and Autonomous Vehicles. In: *HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems. Automated Driving and In-Vehicle Experience Design*. HCI

2020. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2020, vol.12212, pp.46-57. DOI: 10.1007/978-3-030-50523-3_4.
9. Costa E., Horta A., Correia A. et al. Diffusion of electric vehicles in Brazil from the stakeholders' perspective. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2021, vol.15, no.11, pp.865-878. DOI: 10.1080/15568318.2020.1827317.
 10. Bakker S., Maat K., van Wee B. Stakeholders interests, expectations, and strategies regarding the development and implementation of electric vehicles: The case of the Netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2014, vol.66, no.1, pp.52-64. DOI: 10.1016/j.tra.2014.04.018.
 11. Chaturvedi B. K., Nautiyal A., Kandpal T. C., Yaqoot M. Projected transition to electric vehicles in India and its impact on stakeholders. *Energy for Sustainable Development*, 2022, vol.66, pp.189-200. DOI: 10.1016/j.esd.2021.12.006.
 12. Sahoo D., Harichandan S., Kar S. K., Sreejesh S. An empirical study on consumer motives and attitude towards adoption of electric vehicles in India: Policy implications for stakeholders. *Energy Policy*, 2022, vol.165, pp.1-11, article 112941. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.112941.
 13. Santos G., Davies H. Incentives for quick penetration of electric vehicles in five European countries: Perceptions from experts and stakeholders. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2020, vol.137, pp.326-342. DOI: 10.1016/j.tra.2018.10.034.
 14. Savosko O. V. Comparative evaluation of alternative energy sources. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V. P. Goryachkina»*, 2013, no.3(59), pp.111-116 (in Russian).
 15. Ghadikolaei M. A., Wong P. K., Cheung C. S. et al. Why is the world not yet ready to use alternative fuel vehicles? *Heliyon*, 2021, vol.7, no.7, pp.1-27. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07527.
 16. Carolan M. S. Ethanol versus Gasoline: The Contestation and Closure of a Socio-technical System in the USA. *Social Studies of Science*, 2009, vol.39, no.3, pp.421-448. DOI: 10.1177/0306312708101049.
 17. Kovarik B. Henry Ford, Charles Kettering and the fuel of the future. *Automotive History Review*, 1998, vol.32, pp.7-27.
 18. Fosdick R. B. John D. Rockefeller, Jr.: A Portrait. New York, Harper and Brothers, 1956, 477 p.
 19. Rosillo Calle F., Walter A. Global market for bioethanol: historical trends and future prospects. *Energy for Sustainable Development*, 2006, vol.10, no.1, pp.20-32. DOI: 10.1016/S0973-0826(08)60504-9.
 20. Patterson C. C. Contaminated and Natural Lead Environments of Man. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 1965, vol.11, no.3, pp.344-360. DOI: 10.1080/00039896.1965.10664229.
 21. Szlugaj J., Radwanek-Bąk B. Lithium sources and their current use. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 2022, vol.38, no.1, pp.61-87. DOI: 10.24425/gsm.2022.140613.
 22. Banza Lubaba Nkulu C., Casas L., Haufroid V. et al. Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. *Nature Sustainability*, 2018, vol.1, no.9, pp.495-504. DOI: 10.1038/s41893-018-0139-4.
 23. Song Y., Peng R., Hensley D. K., Bonnesen P. V. et al. High-Selectivity Electrochemical Conversion of CO₂ to Ethanol using a Copper Nanoparticle/N-Doped Graphene Electrode. *ChemistrySelect*, 2016, vol.1, no.19, pp.6055-6061. DOI: 10.1002/slct.201601169.
 24. Karginova-Gubinova V. V. Causal Relationship between Environmental and Financial Indicators of Russian Industrial Companies. *Mir ekonomiki i upravleniya=World of Economics and Management*, 2021, vol.21, no.3, pp.70-88 (in Russian). DOI: 10.25205/2542-0429-2021-21-3-70-88.
 25. Lushnikova M. *Rossiiskie kompanii gotovy delať biotoplivo tol'ko na eksport* [Russian companies are ready to make biofuels only for export]. *Agrotekhnika i tekhnologii*, 2007, no.2. Available at: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/14686-a-nam-ono-nado/> (accessed 01.09.2022).

About the author

Valentina V. Karginova-Gubinova, ORCID 0000-0002-8630-3621, Cand. Sci. (Econ.), Researcher, Regional Economic Policy Department, Institute of Economics of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, vkarginowa@yandex.ru

Acknowledgements

This article was prepared as part of the state assignment by the Karelian Research Centre RAS "Comprehensive research and development of the fundamentals of sustainable development management of the northern and border zones of Russia in global challenges".

Received 19.05.2022, reviewed 09.06.2022, accepted 18.07.2022