

УДК 338.27

Попова А. Г.,
Leading Specialist «Gazprom gas-engine fuel»
LLC, Saint Petersburg

Попова А. Г.,
Ведущий специалист ООО «Газпром газомо-
торное топливо», г. Санкт-Петербург

ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ МИРОВОГО И ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЫНКА КОМПРИМИРОВАННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

Аннотация: В статье отражены различные аспекты перевода автомобильного транспорта с традиционного топлива на компримированный природный газ. Дан исторический анализ этого процесса. Приведены результаты библиометрического анализа понятия «compressed natural gas as alternative fuels» (компримированный природный газ как альтернативное топливо), которые демонстрируют тематический и географический ландшафты исследований, реалии и перспективы применения природного газа как горючего для автомобильного транспорта. Сделан вывод о том, что успешность внедрения компримированного природного газа прямо зависит от масштаба поддержки со стороны государства и частного предпринимательства. Подчеркнуто, что в настоящее время экологическая составляющая использования новых моторных топлив обретает не менее важное значение, чем экономическая выгода. Поэтому переход на компримированный природный газ для заправки личного, грузового и общественного транспорта можно рассматривать как действенную меру по сокращению выбросов парниковых газов и улучшения качества воздуха.

Ключевые слова: газомоторное топливо, компримированный природный газ, автозаправочная станция, снижение выбросов диоксида углерода, экология.

Введение. Несмотря на все политические разногласия, экономическую конкуренцию и своеобразие хозяйственного уклада практически все государства солидарны в стремлении к снижению выбросов парниковых газов в атмосферу. Многие страны на государственном, региональном и отраслевом уровнях приняли программы перехода на экологически чистые промышленные технологии, в том числе на новые виды моторных топлив для транспортных средств.

Цель настоящей публикации – выявление наиболее значимых факторов развития отечественного рынка компримированного природного газа (КПГ) в транспортном секторе экономики. Такая постановка исследования объясняется

просто: в России в силу колоссальных геологических ресурсов природного метана, дешевизны его добычи и компрессии, природный газ, как никакой другой энергоноситель, может стать приоритетным видом моторного топлива.

Вполне понятно, что путь формирования национального рынка газомоторного топлива (ГМТ) каждой стране свой, тем не менее весьма полезно изучение предшествующего мирового опыта. Данная статья, не претендуя на всеобъемлющий охват, позволяет выявить некоторые полезные признаки сходства и различий формирования отдельных национальных рынков КПГ.

Историческая справка. Первые опыты использования природного газа для двигателей внутреннего сгорания

датируются 30-ми годами прошлого столетия. Горючий газ раньше бензина стал использоваться как автомобильное топливо [1].

Первые научные доказательства возможности применения метана (и его гомологов) как топливно-энергетического ресурса содержатся в научных трудах Ф. Лебона (середина XIX века), получившего «светильный газ». Вслед за ним Жан-Жозеф Этьен Лемуар теоретически обосновал способность предельных углеводородов выступать в качестве ГМТ. Им разработаны первые модели передвижных средств (например, восьмиместного экипажа) с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), работающими на газе [1]. В течение последующих 25-ти лет ДВС на газовом сырье устанавливались на дирижаблях, поездах, трамваях [2]. Однако с 1885 г. в связи с созданием бензинового ДВС интерес к углеводородному газу стал иссякать, и возврат к нему происходил только в условиях нехватки нефтепродуктов. Так, в 1902 г. во Франции на выставке было представлено 80 биотопливных автомобилей, а после первой Мировой войны в ряде европейских стран (Франции, Германии, Италии, Финляндии, Дании, Румынии, Норвегии, Югославии) возобновилось строительство газонаполнительных станций и установка на автотранспорте специального газобаллонного оборудования [3].

В последние два-три десятилетия процесс перехода с бензинового на газовое топливо для автомобилей развивается с нарастающей быстротой. Сегодня сжиженный и компримированный природный газ в качестве моторного топлива используется в более чем в 80-ти странах мира. Построено и введено в эксплуатацию порядка 35 тысяч газозаправочных станций и переведено на

природный газ свыше 30 миллионов легковых автомобилей, автобусов, большегрузного и специального транспорта [4]. Этому опыту посвящена обширная научная и научно-техническая литература.

Освещение в научной литературе региональных особенностей рынка компримированного природного газа как альтернативного моторного топлива (на основе библиометрического анализа). В мире накоплен серьезный опыт оценки преимуществ и недостатков компримированного природного газа как нового моторного топлива. Он отражен в многочисленных статьях, финансовых, экономических и технических отчетах, материалах конференций, симпозиумов и других документах. По состоянию на 01.12.2023 г. Google индексирует 27 570 000 запросов «compressed natural gas as alternative fuels» (компримированный природный газ как альтернативное топливо). И поскольку объем информации слишком велик, целесообразно обращение к аппарату библиометрического анализа [5], позволяющему выявлять связи между отдельными объектами изучения, определять тесноту их связи (рис. 1) и осуществлять типизацию терминов и определений [6].

Библиометрический анализ демонстрирует наличие двух относительно самостоятельных классификационных групп (кластеров) публикаций по теме «compressed natural gas as alternative fuels» за период с 2010 г. по настоящее время. По рисунку 1 видно, что кластеры формируются прежде всего по уровню развития рынка КПГ. По-видимому, объем информации в открытых источниках является косвенным, но верным признаком длительности и успешности внедрения КПГ как альтернативного автомобильного топлива..

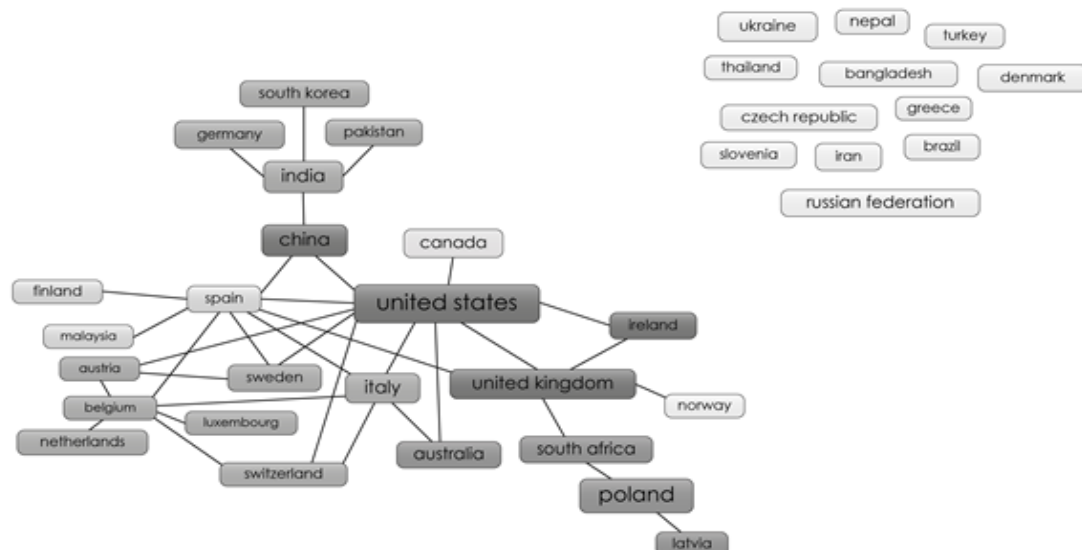


Рисунок 1 – Кластеризация стран по активности развития рынка компримированного природного газа за период 2010-2023 гг. по запросу («CNG-foreign countries and Russia») на информационной базе Scopus

Бразилия, Турция, Бангладеш, Россия и другие страны, условно входящие в «новый» (нарождающийся) кластер производителей-потребителей КПГ пока не являются участниками интеграционного процесса решения экономических, экологических и технических проблем внедрения новых видов газомоторных топлив. В них (в т. ч. и в России) рынок газомоторного топлива находится на этапе становления, поэтому сравнительный анализ условий и результатов развития рынка КПГ между ними более естественен.

В целом мировая тенденция перевода автомобильного транспорта на метан на протяжении последних лет укрепляется. При этом большая часть машин, использующих КПГ, сейчас приходится на азиатские и латиноамериканские страны [7].

Среди азиатских стран, проделавших большую работу по продвижению ГМТ на рынок моторных топлив, лиде-

ром является Китай. Здесь, начиная уже с 50-х г. прошлого столетия, в провинции Сычуань (ведущий регион страны) инициирован перевод транспортных средств на ГМТ. Китайская государственная программа поддержки рынка КПГ действует 30 лет, что позволило к 2014 г. перевести на метан 4,4 млн транспортных средств, а количество построенных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) к этому времени составило 4 455 ед. К 2018 г. на территории страны насчитывалось уже 6,1 млн автомобилей на метане [8].

Второй в мире азиатской страной по активности использования метана в качестве ГМТ является Иран. По состоянию на 2020 г. в стране было примерно 5 млн. ТС, на КПГ, и 2,4 тыс. АГНКС. Развитие рынка газомоторного топлива наиболее активно идёт с 2000-х годов, что связано с принятием (2001 г.) госпрограммы по стимулированию перево-

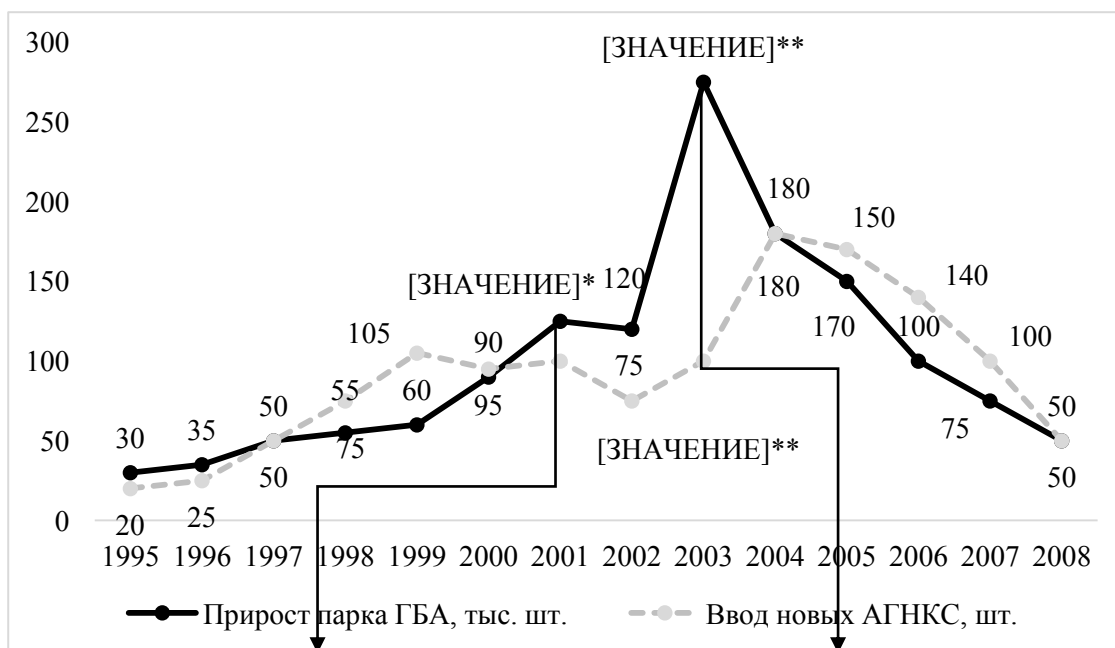
да автомобилей на газ из-за очень высокой зависимости от бензина и, следовательно, ухудшающейся экологической ситуации в крупнейших городах страны [2].

Много делается для перевода автомобилей на метан в Пакистане. Правительство страны в 1998 г. приняло решение по избавлению от бензиновой зависимости, улучшению экологии и перехода на газ. Однако здесь результаты оказались более скромными: помешало истощение газового сырья в стране [4].

В Индии, как и в Китае, из-за интенсивного наращивания населения страны и связанной с этим огромной нагрузкой на транспортную сеть, обострились экологические проблемы. Поэтому в 90-ых годах правительство запустило специальную программу популяризации КПП. Спустя почти 30 лет в Индии насчитывалось уже около 3,1 млн. ТС на КПП, а число станций по их заправке достигло 1,4 тыс. ед. [4].

В Южной Корее с 2010 г. к работе на городских маршрутах в г. Сеуле допускаются только газовые автобусы [9]. Среди латиноамериканских стран лидирующие позиции по использованию КПП в качестве моторного топлива занимают Аргентина, Бразилия, Боливия [4]. Интересен опыт внедрения ГМТ в Аргентине. В 80-х годах XX века руководство страны начало реализацию де-

сятилетней программы по переводу такси с жидких топлив на газовые. Через тридцать лет в стране показатель по переводу достиг почти 2,2 млн. автомобилей, было введено в эксплуатацию 2 тыс. АГНКС. В условиях нестабильной экономической ситуации государство разработало ряд важнейших законов по стимулированию и поддержанию интереса к газомоторному топливу. Именно в Аргентине впервые выявлена четкая обратная зависимость между покупательной способностью, отражающей благосостояние населения, и числом переоборудований транспортных средств на КПП. Причина проста: стоимость топлива на природном газе составляла лишь 40 % от стоимости бензина, поэтому КПП стал весьма привлекательным для людей низким финансовым достатком. Иными словами, данный вид топлива выступил как «нижнее благо» («inferior good»), иными словами, продуктом реального спроса либо низших по доходам слоев населения (рис.2), либо более широкого круга потребителей, но в период экономического кризиса, связанный с угрозами утраты платежеспособности владельцев транспортных средств [10]. Этот опыт может быть полезен для большинства стран, находящихся в начальном пути внедрения ГМТ в качестве газомоторного топлива (рис. 1), в том числе и России.



* Экономический кризис, девальвация национальной валюты, рост цен на импортные традиционные виды топлива;
 * Сокращение доходов населения;
 * Рост спроса на переоборудование ТС на КПП.

** Существенный рост числа частных АГНКС и газомоторного транспорта, который обеспечивается рынком переоборудования;
 ** Зрелость рынка.

Рисунок 2 – Динамика газомоторного рынка Аргентины [12]

На примере стран с более длительной историей развития рынка КПП можно оценить отдаленные результаты основных методов стимулирования рынка газовых топлив, а также интеграционные процессы в этом направлении. Так, во многих европейских странах на сегодняшний день благодаря активному содействию Европарламента поддерживается внедрение ГМТ не только в грузовой и общественный, но и частный автотранспорт. Европейским лидером, наиболее активно использующим КПП, стала Италия, проявившая интерес к альтернативному виду топлива ещё в 1930-х г. во времена энергетического кризиса. Позже руководство страны приняло ряд законов, поддерживающих перевод ав-

тотранспорта на природный газ, придавая особо значение экономическим и экологическим причинам [11]. Для этого были смягчены требования к расположению и строительству АГНКС, введены льготы для бесплатного проезда автомобилей большой грузоподъемности, переведённых на метан.

По данным NGV Global, по состоянию на 2022 г. европейский рынок КПП составляет 2 млн автомобилей, из них 55% приходится на итальянские ТС (1,1 млн. ед.). Другие европейские лидеры таких стран, как Германия, Австрия, Швеция, Швейцария, Нидерланды и Болгария также поддерживают программы по переводу всех видов автопарков на КПП и стимулируют строитель-

во сетей АГНКС в своих городах, но их результаты скромнее.

В США и Канаде переход с бензина на ГМТ на сегодня не является государственным приоритетом, хотя в 90-е годы здесь наблюдался интерес к использованию альтернативных видов топлива. Пик популярности в США был достигнут в 1997 г., но через десять лет количество АГНКС сократилось до 1 000 ед. против 120 тыс., в основном, частных розничных АЗС.

Правительство Канады также не заинтересовано в развитии газомоторного топлива, и на сегодняшний день известно только о 74 публичных АГНКС в стране [13].

В целом, для стран с развитым рынком КПП можно отметить зависимость темпа внедрения КПП от масштаба государственной поддержки и участия инвестициями крупных промышленных концернов (таблица 1).

Таблица 1 – Меры поддержки рынка ГМТ в отдельных странах [14]

Страны	Меры поддержки
Китай, Италия, Австрия, Польша	Субсидирование приобретения газомоторного транспорта, а также переоборудования ТС на КПП
Италия, Австрия, Болгария, Турция, Сингапур	Снижение транспортного налога для владельцев ТС на КПП
Все страны ЕС, а также Иран, Пакистан, Малайзия	Снижение пошлин или полное освобождение от ввозных таможенных пошлин импортного газозаправочного и газоиспользующего оборудования
Китай, Бангладеш	Целевое выделение земель под строительство АГНКС

Сегодня внедрение метана как моторного топлива активно поддерживается мировыми лидерами автомобилестроения. Уже давно освоен серийный выпуск автомобилей и автобусов на КПП. Mercedes-Benz, BMW, Volvo, Daimler-Benz, Iveco, MAN, Opel, Peugeot, Renault, Citroen, Skania, Fiat, Volkswagen, Ford, Honda, Toyota предлагают газобаллонные автомобили заводского изготовления [15].

В зарубежных странах в качестве стимулирующих мер также используется и ряд запретов. К ним относятся следующее:

– запрет на использование дизельного топлива (ДТ) на автомобилях малой и средней грузоподъемности / пассажироместности (действует в Пакистане, Южной Корее и Бразилии);

– запрет на использование нефтяных

видов моторных топлив на общественном и коммунальном транспорте (действует во Франции);

– запрет на строительство новых заправочных станций без блока заправки природным газом (действует в Италии).

Что же мешает эффективному внедрению КПП в качестве моторного топлива? Общий анализ по всем изученным региональным рынкам выявил основные причины:

– более низкая энергетическая плотность метана по сравнению с топливами на основе нефти и мазута [16];

– необходимость в крупных баллонах под КПП, что занимает большие пространства в ТС и является неудобством для потребителей;

– высокая цена бортовых топливных баков [17];

– большое время, необходимое для

заправки бака КПП;

- часто встречающееся отсутствие инфраструктуры под заправку КПП;
- высокая зависимость автомобилей, работающих на КПП, от объёмов его потребления;
- слабая информированность населения о преимуществах, главным образом, экологических, перехода на КПП.

Нельзя не отметить тенденцию оптимизационного подхода к выбору тех видов моторного топлива, которые в большей мере соответствуют хозяйственному укладу, рельефу местности, обеспеченностью природным газом, гидроэнергии и другими первичными источниками энергии. При этом экологические резоны оцениваются наравне, а в отдельных случаях и выше, чем эко-

номические. Во многих случаях внедрение КПП в качестве газомоторного топлива признаётся оптимальным на первых этапах перевода транспорта на альтернативное топливо [18].

Приведём в качестве примера экономическую оценку эффективности КПП на примере автомобильного хозяйства в г. Стамбул (Турция), в котором городские власти оказывают существенную поддержку устойчивому использованию общественного транспорта со 100% «нулевым» уровнем выбросов. Выполненный анализ по эффективности дизельного топлива и сжатого природного газа (для автобусов с минимальной длиной 12 м) показали следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2 – Удельные цены на дизельные и газовые автобусы для Турции [18]

Критерий производительности	Дизель	КПП	Электричество
Стоимость покупки автобуса, руб.	~12 700 000	~17 500 000	~36 000 000
Стоимость покупки одного автобуса, руб. (включая техническое обслуживание на 5 лет)	~16 500 000	~24 060 000	~44 000 000
Стоимость работ по установки ГБО на 250 автобусов, руб.	~32 600 000	~191 600 000	~119 900 000
Дополнительные расходы (амортизация, услуги водителя, страхование, налоги и т.д.)	Постоянно	Постоянно	Постоянно
Общие выбросы парниковых газов	$1,34 * 10^{-3}$	$8,33 * 10^{-4}$	-

В работе [18] подчёркивается, что транспорт на электрическом питании наиболее дешёв в эксплуатации, однако стоимость таких автомобилей, превышающая в два раза исходную цену аналогичного транспорта на КПП, а также проблемы экологического характера [19], сокращают преимущества электро-

мобилей перед другими видами альтернативного топлива.

Аналогичная картина выявляется и по российским реалиям [20,21]. Для примера приведем разницу в характеристиках российских автобусов с разным форматом моторного топлива (таблица 3) компании НЕФАЗ [20].

Таблица 3 – Основные технические и экономические характеристики автобусов НЕФАЗ [20]

Параметры	Модификация	
	Дизельная	Газовая
Модель	НефАЗ-5299-20-31	НефАЗ-5299-20-32
Рабочий объем, л	6,7	11,76
Максимальная скорость, км/ч	80	80
Расход топлива	35 л / 100 км	42 м ³ / 100 км
Вместимость топливного бака	350 л	197 м ³
Расчетный пробег на одной заправке, км	950	432,5
Относительный коэффициент частоты заправки, ед./1000 км	1,052	2,312
Среднее время полной заправки, мин	8 – 10	10 – 15
Стоимость единицы, руб.	~11 750 000	~16 029 720

Завершая краткий обзор международной практики внедрения компримированного природного газа в качестве моторного топлива, отметим еще одну тенденцию: стремление к взаимосвязанному сокращению снижения выбросов диоксида углерода, уменьшению шумового загрязнения и улучшения качества воздуха [16]. Эта позиция равно относится к таким современным видам моторных топлив, каким является водород, КПГ, сжиженный природный газ (СПГ), сжиженный углеводородный газ (СУГ – пропан-бутан), синтетические парафиновые и ароматические топлива.

Вполне понятна причина того, что в экономически развитых странах придается важное значение экологической надёжности моторных топлив: по последним сводкам более 25% от выбросов парниковых газов в Европейском союзе – вклад от транспортного сектора промышленности [17, 18]. Еврокомиссией принята (2017 г.) Программа стратегических транспортных исследований и инноваций (STRIA) в рамках пакета «Европа в движении» [16], в которой для всех видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, авиационного и др.) разработан план мероприятий по пере-

ходу на современные моторные топлива и электроэнергию в целях снижения выбросов в атмосферу диоксида углерода. Аналогичные программы существуют и в других странах и континентах.

Заключение. Глобальная мировая тенденция диверсификации рынка неизбежно изменит рыночное соотношение основных видов топлива для двигателей внутреннего сгорания в пользу в пользу газомоторного топлива за счет его экономичности и экологичности свойств.

Каждый из видов газомоторного топлива имеет свои преимущества и недостатки, что определяет границы их наиболее выгодного и своевременного использования. Многие страны отдают предпочтение компримированному газу, считая особенно целесообразным его широкое внедрение на начальных этапах перехода от традиционного к альтернативным видам горючего для автотранспорта.

Путь, пройденный как индустриально развитыми государствами, так и странами с более ограниченными экономическими и финансовыми возможностями, прямо свидетельствует о том, что главным драйвером широкого внедрения новых видов моторного топлива

является государство.

Таким образом, формирование рынка газомоторного топлива – это много-составная задача, решение которой зависит от совокупности институционных,

коммерческих и социальных условий конкретных экономических систем, сырьевой базы энергоресурсов, своеобразия хозяйственного уклада и нематериальных ценностей населения.

Литература

1. Межибовский И. Начало начал // Автомир. - 2005. - № 3. - С. 3.
2. Воробьев-Обухов А., Карпенков А. На голубом газу // За рулем. - 2005. - № 5. - С. 220-224.
3. Франтковский З.Б. Бензин - хорошо, а газ, особенно природный, лучше! // Огни Камы. - 2002. - № 146 (5895).
4. Зуев А.И. Зарубежные тенденции газомоторного рынка // ТЭК России. - 2020. - № 7. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2020/7/781/.
5. Кравченко С.И., Богачев С.В. Имитационные стратегии в предпринимательской деятельности библиометрический анализ // Стратегические решения и риск-менеджмент. - 2023. - № 14 (1). - С. 40-47.
6. Даринская Л.А., Гуслина А.С. Библиометрический анализ как способ вхождения в проблему исследования (на примере понятия «самостоятельная работа студентов») // Вестник Санкт-Петербургского университета. - 2010. - Сер. 12, вып. 3. - С. 71-79.
7. Зуев А.И. Российский рынок ГМТ – есть куда расти // ТЭК России. - 2022. - № 9. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2022/9/1064/.
8. Ling Ding, JinxiWu. Innovation Ecosystem of CNG Vehicles: A Case Study of Its Cultivation and Characteristics in Sichuan, China // Sustainability of Economic Growth: Combining Technology, Market and Society. - 2018. - 16 p.
9. Хатьков В.Ю., Иванов А.В., Саркисов А.С. Оценка макроэкономических последствий от реализации крупных проектов и программ использования природного газа в качестве моторного топлива в основных сегментах российского автотранспортного рынка // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. - 2017. - № 11. - С. 26-32.
10. Вельниковский А.А. Имитационное моделирование инфраструктуры автомобильных газонакопительных компрессорных станций Санкт-Петербурга на основе районирования территории на кластеры // Вестник гражданских инженеров. - 2017. - № 4. - С. 137-140.
11. Фернандес Р. Развитие газомоторного рынка Латинской Америки // Транспорт на альтернативном топливе. - 2008. - № 6. - С. 16.
12. Кондратенко С.Е. Газомоторное топливо: подходы к формированию рынка на примере Германии и Аргентины // Газовая промышленность. - 2017. - № 1. - С. 46-54.
13. TIAH. U.S. and Canadian Natural Gas Vehicle Market Analysis: Compressed Natural Gas Infrastructure // America's Natural Gas Alliance. - 2012. - 68 p.
14. Толмачев Д.И., Голубенко Н.В. Перспективы использования сжиженного природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте // Международный студенческий научный вестник. - 2018. - № 3. - С. 1297-1301.

15. Алексанков А.М. Перспективы использования газомоторного топлива в России // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. - 2019. - № 4 (118). - С. 96-99.

16. Ortega, A., Gkoumas, K., Tsakalidis, A., Pekár, F. Low-Emission Alternative Energy for Transport in the EU: State of Play of Research and Innovation // Alternative and Sustainable Fuels in the Transport Sector: The Challenge of Decarbonization. - 2021. № 14 (22). - 22 p.

17. Grzelak, P., Taubert, S. Error analysis of the normative calculation method of the exhaust emissions and fuel consumption in the vehicles fueled with gaseous fuels // Exhaust Emissions from Passenger Cars. - 2021. № 14 (7). - 13 p.

18. Qiu, Y., Zhou, S., Gu, W., Ding, S., Han, G., Zhang, K., Lv, H. Multi-stage flexible planning of regional electricity-HCNG-integrated energy system considering gas pipeline retrofit and expansion // IET Renewable Power Generation. - 2022. - № 16 (15). - 29 p.

19. Orhan Topal, Ismail Nakir. Total Cost of Ownership Based Economic Analysis of Diesel, CNG and Electric Bus Concepts for the Public Transport in Istanbul City // Energy Markets and Economics. - 2018. - № 11 (9). - 17 p.

20. Петрова Н. Так ли экологичны электрокары? // Атомный эксперт. - 2019. - № 5. URL: https://atomicexpert.com/electric_cars_ecology.

21. Евстифеев А.А., Ермолаев А.Е. Влияние холостых пробегов газовых городских автобусов на показатели производственно-хозяйственной деятельности // Транспорт на альтернативном топливе. - 2016. - № 4 (52). - С 23-30.