

# Влияние выбросов CO<sub>2</sub> на цены СПГ и трубопроводного газа «Газпрома» в Европе и мире (аналитический обзор)

*Кузовкин Анатолий Ильич,*

*доктор экономических наук, профессор, ООО «Институт микроэкономики»*

*E-mail: kuzov@microecon.ru*

В ноябре 2021 г. состоится климатический саммит стран-участниц Парижского соглашения по климату. Необходимо учитывать, что энергоёмкость и углеродоёмкость получения СПГ из сланцевого газа в процессе его сжижения и транспортировки могут быть значительными и малоэффективными. Углероднейтральный СПГ добавляет «зеленую премию» в цену СПГ в размере 17–37% стоимости груза СПГ на текущем спотовом рынке. «Зеленая премия» может быть оценена в диапазоне от 0,8–1,7 долл. США/ММbtu или 10–20 долл. США/т CO<sub>2</sub> для удаления CO<sub>2</sub> из СПГ. В статье показано, что при поставках в Европу углеродоёмкость американского СПГ в 3 раза выше, чем трубопроводного газа России.

*Kuzovkin Anatoly I.,*

*Doctor of Sciences (Economics), Professor, Institute of Microeconomics, LLC*

*E-mail: kuzov@microecon.ru*

## THE IMPACT OF CO<sub>2</sub> EMISSIONS ON THE PRICES OF GAZPROM'S LNG AND PIPELINE GAS IN EUROPE AND THE WORLD (ANALYTICAL REVIEW)

In November 2021, the climate summit of the countries participating in the Paris Climate Agreement will be held. It should be taken into account that the energy and carbon intensity of LNG production during its liquefaction and transportation can be significant. Carbon neutral LNG adds a «Green premium» to the LNG price of 17–37% of the value of the LNG cargo in the current spot market. The «Green premium» can be estimated at 0,8 – \$ 1.7/MMBtu or \$ 10–20/t of CO<sub>2</sub> for removing CO<sub>2</sub> from LNG. The article shows that the carbon intensity of American LNG in Europe is 3 times higher than that of Russian pipeline gas.

**Ключевые слова:** выбросы CO<sub>2</sub>, цена, СПГ, трубопроводный газа, «Газпром», экспорт газа.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> emissions, price, LNG, pipeline gas, Gazprom, gas exports.

**В**озобновляемая энергетика является важным инструментом для целей энергетического перехода и поддерживающего развития. Однако глобальная экономика остается приверженной ископаемому топливу несмотря на усилия снизить выбросы вредных газов. Спрос на природный газ растет как мост к движению к низкоуглеродной экономике. Но будет ли природный газ и возобновляемая

энергетика замещением глобальной энергетики остается неисследованным.

В статье [1] исследуется этот вопрос, рассматривая влияние экологической политики на международную торговлю СПГ среди 1359 торговых партнеров в течение 1988–2017 гг. В [1] измеряется отношение возобновляемой энергетики ко всей используемой энергетике у важных торговых партнеров, которые также

соответствуют политике энергетического перехода. Анализ использует глобальные данные в границах торгового объема с применением различных эконометрических методов и особенностей модели, чтобы измерить СПГ-торговлю как зависимую переменную. Энергетический переход, измеряемый долей возобновляемой энергетики, имеет негативное влияние на торговлю СПГ.

Инвестируя в чистую энергетику, можно снизить СПГ-торговлю на глобальном рынке.

Однако анализ подгрупп предполагает, что менее развитые страны экономики в период сланцевой революции препятствуют прогрессу по такому замещению энергии.

В статье [2] исследуются долгосрочные отношения между ценой на природный газ и его производством, учитывая структурные разрывы. Бум сланцевого газа изменил долгосрочные отношения между ценой природного газа и его производством в США.

Устанавливаются границы, чтобы определить направления причинных связей между ценой природного газа и двумя видами его производства: 1. Общее производство газа (агрегированный обычный природный газ и сланцевый газ). 2. Производство только обычного газа.

На основе ежемесячных данных 16 штатов США за январь 2007 г. по декабрь 2016 г. найдено надежное отношение между ценой природного газа и общим производством газа. Но нет надежной связи между ценой газа и производством обычного природного газа.

Структурный разрыв на рынке США сильно коррелирует со сланцевым газом. Межштатные факторы, в результате, определяют долгосрочное среднее значение, специфические факторы ведут к постоянному шоку.

В статье [3] показано, что добыча сланцевого газа малоэффективна и приведет к значительному загрязнению окружающей среды.

В статье [4] отмечается, что вопросы влияния макроэкономической неопределенности на природный газ и их влияние на товары, главным образом на нефтяные цены, исследовались часто. Но не исследовалось влияние макроэкономической неопределенности на цены природного газа. В статье [4] предложены гомогенные измерители макроэконо-

мической неопределенности для трех крупнейших рынков природного газа (США, Япония и Германия) и исследуются динамические причинные эффекты: шоков макроэкономической неопределенности на формирование цен на природный газ.

Показано, что макроэкономическая неопределенность играет существенную роль в изменении цены природного газа в дополнение к управляемым бизнес-циклам в экономиках.

Влияние неопределенности на цены нефти и газа относительно различное, но достаточно значительное. Анализ рынка спроса и предложения показывает, что направления роста существенно различаются на трех различных рынках, что помогает понять феномен «Азиатской премии» в торговле газом.

#### **УЧЕТ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ СПГ И ТРУБОПРОВОДНОГО ГАЗА В ЦЕНЕ ГАЗА**

Углероднейтральный СПГ может включать премиальную цену 0,8–1,7 долл. США/ММВtu, отмечается в [5]. «Зеленая премия» добавляет 17–37% стоимости груза СПГ на текущем спотовом рынке. Недостаток (отсутствие) стандартов углеродоемкости и механизмов ее снижения являются препятствием для роста рынка.

Сингапур — растущий рынок для углероднейтрального СПГ будет добавлять ценовую премию для грузов СПГ, поэтому рост стоимости импорта СПГ и потребления связан с некоторыми затратами для конечного пользователя, как отмечают эксперты Gastech Virtual Summit. «Зеленая премия» может быть индикативно оценена 80 центов — 1,7 долл. США/ММВtu, предполагая среднюю стоимость возмещения 10–20 долл. США/тонну CO<sub>2</sub>. 10 долл. США/тонну CO<sub>2</sub> составит 80 цент/ММВtu.

Более 95% мировой добычи сланцевого газа производится в США. В Европе перспективы производства сланцевого газа несущественные, отмечается в статье [6]. Сланцевый газ США для производства СПГ имеет в 3 раза более высокую углеродоемкость, чем трубопроводный газ России. Природный газ может стать важным элементом производства водорода, отмечается в статье [10].

По данным МЭА выработка энергии в мире с 2010 по 2018 гг. выросла на 23,8% от 27,7 трлн кВт. ч, а углеродоемкость снизилась на 10,4%, до 475 грамм CO<sub>2</sub>/кВт.ч.

### ВЫБРОСЫ CO<sub>2</sub> И СПГ ИЗ СЛАНЦА

Статья [3], посвящена экспорту СПГ из США: бум или спад для глобального климата. В [3] отмечается, что доля сланцевого газа в общей добыче газа в США составила около 50%. Благодаря буму сланцевого газа цена на природный газ упала с 7,97 долл. США за тысячу кубических футов в 2010 г. до 2,66 долл. США в 2014 г., т.е. в 3 раза. Но снижение цены на природный газ снижает стимулы производителей развивать свои мощности по добыче сланцевого газа. Это снизит рост добычи природного газа. По данным EIA, когда цена на природный газ достигла пика в 2008 г., добыча сланцевого газа также достигла исторического максимума. Цена на природный газ негативно влияет на добычу сланцевого газа в долгосрочной перспективе. В статье [3] предпринята попытка ответить на вопрос: «Какой газ, сланцевый или обычный оказывает большее влияние на цену природного газа, а какой в большей степени зависит от этой цены?»

Рассмотрим проблемы окружающей среды при гидроразрыве пласта, вызванные добычей сланцевого газа.

В [3] исследуются потенциальные сценарии парниковых газов от экспорта американского СПГ в Азию. Климатические последствия поставки СПГ в отдельные страны Азии могут сильно различаться. Выбросы будут увеличиваться. Однако международные климатические обязательства, лежащие в основе всех оценок выбросов, являются критически неопределенными. Отсутствие исследований выбросов СПГ вызывает сожаление, поскольку энергоемкость и углеродоемкость его преобразования могут быть значительными, отмечается в [3].

В статье [15] рассмотрены проблемы снижения выбросов CO<sub>2</sub> в Китае. Чтобы проверить, может ли расширение инфраструктуры природного газа (газопроводы, ПХГ) эффективно снизить выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>) в Китае. В [15] сначала исследуется влияние инфраструктуры природного газа на вы-

бросы CO<sub>2</sub> в Китае, используя сбалансированный панельный набор данных для 30 китайских провинций, охватывающих временной период 2004–2017 гг. Как показывают оценочные результаты, расширение инфраструктуры природного газа может эффективно снизить выбросы CO<sub>2</sub> в Китае. На самом деле уровень развития инфраструктуры природного газа в Китае значительно ниже, чем в других развитых странах, таких как США. Таким образом, для дальнейшего решения проблемы выбросов CO<sub>2</sub> следует уделять больше внимания развитию и развертыванию инфраструктуры природного газа для Китая, такой как расширение мощностей по хранению газа и увеличение протяженности газопроводов.

Согласно исследованиям API (Американского института нефти) экспорт СПГ из США и других стран в Германию и Китай имеет выбросы СПГ, которые находятся в диапазоне сопоставимом с природным газом из России, однако это сопоставление не подкреплено цифрами и вызывает скепсис. Так, в экологическом отчете «Газпрома» за 2019 год [9] отмечается, что экспорт газа в Европу по «Северному потоку» и по «Турецкому потоку» экологичнее поставок СПГ из США в три раза. Согласно названному отчету [9], выбросы метана по всей производственной цепочке «Газпрома» близки к нулю. В 2019 г. при добыче газа они составили 0,02% от объема добываемого газа, при транспортировке — 0,29% от объема транспортируемого газа, при подземном хранении — 0,03% от объема хранения газа. Углеродоемкость «Северного потока» составляет 6,8 г CO<sub>2</sub>/МДж, «Турецкого потока» — 7,3, украинского маршрута — 10,6, СПГ из США — 22,3 (по материалам Offshore Energy и «Экологического отчета» Газпрома за 2019 г.) [8].

### ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ МИРА И РОССИИ ДО 2040 г. [11]

Высокие затраты и налоговая система ограничивают конкурентоспособность российских энергоресурсов на глобальных рынках. Это может привести к снижению темпов роста ВВП до 1% в год в будущем.

Весьма вероятно, что американские спотовые цены на СПГ (с добавлением затрат на сжижение и транспортировку) станут по-

толком цен на рынках Тихоокеанского и Атлантического бассейнов, так как при превышении этого уровня другими поставщиками американские заводы СПГ будут поставлять на рынок довольно существенные объемы газа, сбивая цены до желательного уровня [11].

По нашему мнению, цена экспорта американского СПГ из сланцевого газа недостаточно учитывает его углеродоемкость, и этот СПГ должен стоить дороже, чем менее углеродоемкий трубопроводный газ России, поставляемый в Европу.

По оценке, приведенной в [11], объем импорта газа в Европу из СНГ (практически из России) к 2030 и 2035 г. снижается незначительно. В то время как МЭА прогнозирует спад импорта газа в Европу из России к 2030 г. на одну треть. В [12] мы отмечали, что эта оценка МЭА не обоснована.

Стоит заметить, что во всех штатах США (кроме Калифорнии), где расположены ресурсы сланцевых плевей, пока не действуют экологические запреты или ограничения на добычу сланцевой нефти. Реальная нагрузка на экологию при ее добыче до сих пор не оценена [11]. По нашей оценке, введение экологических ограничений на сланцевую нефть и газ значительно увеличат их цену. Как выше отмечалось в [5] на 17–37% для газа. Это ограничит экспорт сланцевого газа США в Европу и повысит конкурентоспособность трубопроводного газа России.

В работе [11] отмечается, что в случае «сланцевого провала», ведущего к сокращению добычи сланцевой нефти и газа по причинам:

- значительного удорожания новых проектов добычи;
- не подтверждения большого объема ресурсной базы;
- введения жестких экологических ограничений.

В результате сланцевая добыча нефти и газа в США начинает сокращаться и к 2025 г. практически прекращается.

Полученная в таком сценарии цена сланцевой нефти достигает 130 долл. США/барр (в долл. США 2010 г.) к 2040 г. Аналогично и цены на газ в среднем оказываются на 45 долл. США/тыс. м<sup>3</sup> и выше — 378 долл. США/тыс. м<sup>3</sup> в Европе, 448 долл. США/тыс. м<sup>3</sup>

в Японии, 480 долл. США/тыс. м<sup>3</sup> в Китае. Спотовая цена газа в США достигнет 430 долл. США/тыс. м<sup>3</sup> [11].

### **ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, СЛАНЦЕВЫЙ ГАЗ И ВИЭ**

Экстремально холодный февраль 2021 г., поставил вопрос о ВИЭ, так в Техасе в феврале ветровые электростанции перестали работать, так как их лопасти покрылись льдом, солнечные батареи покрылись снегом, легкие газовые трубы треснули от морозов. В результате миллионы жителей остались без газа и электроэнергии, тарифы выросли в сотни раз.

В своем интервью журналу «Газпром» заместитель председателя правления ПАО «Газпром» О.Е. Аксютин ответил на вопрос, возможен ли отказ от углеводородного топлива в перспективе, чтобы снизить выбросы CO<sub>2</sub>. Он считает, что гораздо более реалистичной является возможность значительного сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в результате увеличения использования природного газа как в энергетике, так и на транспорте. По мнению О.Е. Аксютин [7] природный газ характеризуется самым низким уровнем выбросов углекислого газа среди ископаемых энергоносителей, и более широкое использование его в энергетике вместо угля, а на транспорте — вместо нефтяных видов топлива позволит не только снизить вредные выбросы, но и повысить эффективность использования оборудования.

Ситуация в январе 2021 г. в Европе, Японии и США в очередной раз продемонстрировала уязвимость ВИЭ перед нередким сочетанием факторов — снижением выработки электроэнергии из-за пасмурной и безветренной погоды и ростом спроса вследствие холодов. Этот дисбаланс был экстренно компенсирован, в первую очередь, газом, во вторую — углем, при этом цены на энергоресурсы и электроэнергию значительно выросли.

Эффективность — это комплексное понятие, в которое включены экономические, экологические, технические и другие факторы. ВИЭ по ряду таких факторов уступает традиционной энергетике, в первую очередь, газовой. Поэтому, даже несмотря на относительно низкие цены произведенной с использованием ВИЭ электроэнергии, нельзя согласить-

ся с эффективностью возобновляемой энергетики относительно энергетики традиционной.

Ключевым свойством любой энергосистемы является стабильность работы на протяжении долгого времени. А в энергосистеме с высокой долей возобновляемой энергетики именно стабильность работы ставится под сомнение, прежде всего в связи с высокой зависимостью ВИЭ от быстро меняющихся погодных условий [7].

Ключевая тенденция последних лет в мировой экономике и энергетике — рост интереса различных стран к переходу на низкоуглеродный курс развития. И природный газ все чаще рассматривается как один из основных элементов энергетических стратегий.

### О СЛАНЦЕВОМ ГАЗЕ США

В результате низких цен, падения буровой активности, снижения инвестиций и ухудшения финансово-экономических показателей деятельности компаний по итогам 2020 г. объем прироста добычи сланцевого газа в США оказался на порядок ниже, чем в 2019 г. (+11 млрд м<sup>3</sup> против +100 млрд м<sup>3</sup> годом ранее). Развитие отрасли сланцевого газа в США в 2021 г. будет в значительной степени зависеть от ценовой ситуации [7].

Российская сторона отмечала, что полный переход на ВИЭ сталкивается с рядом проблем, считает Сергей Комлев [8]:

- циклический характер климатических изменений, смена потепления и похолодания;
- слабая доказательная база утверждений, что климатические изменения связаны, в первую очередь, со сжиганием ископаемых топлив;

- достоинства природного газа в сравнении с другими видами топлива и несостоятельности попыток отказа от органических видов топлива и их замены в обозримой перспективе;

- дополнительные субсидии ВИЭ при их отсутствии у природного газа и другие факторы.

Европейцы не оспаривают необходимость сохранения природного газа на переходный период до 2050 г. как наименее «грязного» углеводорода.

Результаты консенсус-прогнозов потребления газа в Европе на 2030 г. (534 млрд м<sup>3</sup>) и 2040 г. (487 млрд м<sup>3</sup>) не свидетельствуют о сколько-нибудь значительном сокращении европейского потребления природного газа в сравнении с уровнем 2019 г. (560 млрд м<sup>3</sup>) отмечается в [8]. В то время как МЭА прогнозирует снижение спроса в ЕС на 20% к 2030 г. — до 442 млрд м<sup>3</sup>.

Основной вывод исследования консалтинговой компании Роугу, сделанный в 2019 г. для ЕС, заключается в том, что переориентация потребления природного газа на извлечение из него водорода не будет сопровождаться снижением объемов потребления газа в ЕС (в целом, сокращение составит по сравнению с текущим уровнем около 2%. При этом только 12% от объема природного газа будет использоваться в конечном потреблении с применением CCS — технологий по улавливанию, утилизации и захоронению углеводородного газа, а 88% пойдет на производство водорода [8].

Газовая отрасль может производить водород с нулевым выбросом и парниковых газов. Этот вариант трансформации потребует новых технологий, которые еще должны стать коммерческими и доступными, отмечает Сергей Комлев [8]. Они должны использоваться как к 2050 г., так и далее.

В табл. 1 приведен прогноз потребления водорода в мире до 2050 г. Но этот водород не замещает природный газ полностью к 2050 г. для потребителей Европы, а относится ко всему миру.

**Таблица 1. Прогноз потребления водорода в мире, млн тонн [13]**

Год	Потребление
2019	71,0 (в РФ — 0,38)
2030	88,3
2040	136,5
2050	287,0



## **ПРОИЗВОДСТВО ВОДОРОДА ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА И ДРУГИХ ИСТОЧНИКОВ**

В настоящее время применяются следующие основные коммерческие методы производства водорода: из природного газа — 48%, нефти — 30%, угля 18% и электролиза — 4% мирового производства водорода [14]. Диоксид углерода отделяется от природного газа с эффективностью 70–85%. В большом объеме водород обычно производится парообразованием метана или природного газа. Для этого способа, например, используется метан (2,2 тонн), вода (4,9 тонн) и тепловая энергия (5,7 МВт. ч). В результате получают 1,1 тонны водорода, его стоимость составляет 590 долл. США и 6 тонн CO<sub>2</sub>, улетающих в атмосферу.

Другой способ производства водорода — пиролиз метана (природный газ) позволяет получать 1,1 тонны водорода стоимостью 1440 долл. США/т, затратив 4,4 т метанола и 5,2 МВт. ч тепловой энергии. Пиролиз идет при высокой температуре — 1065°C, но при этом нет выбросов CO<sub>2</sub>, а производится 3,3 тонн твердого угля. Но стоимость водорода при пиролизе в 1,6 раз дороже.

Существуют также другие способы получения водорода из природного газа: частичное окисление и из угля, нефти.

Отметим также получение водорода из гидролиза воды. Это дорогой способ, он дает 1,1 т водорода стоимостью 1497 долл. США, при использовании воды 9,1 т и электроэнергии 39,4 МВт. ч. На выходе получаем 1,1 т водорода и 8 т воды.

В промышленных масштабах в США метод парообразования метана дает водород стоимостью 1–3 долл. США/кг. При электролизе в 2020 г. цена производства водорода планировалась на уровне 2,3 долл. США/кг при стоимости электроэнергии 0,37 долл. США/кВт. ч, которая достигалась для ветряных и солнечных источников электроэнергии во многих регионах США [14].

В работе российских ученых [10] представлен обзор энергетической модели на основе водорода, а также вклад газовой отрасли в ее формирование.

Наиболее доступным и дешевым способом получения водорода считается паровая кон-

версия метана (АКМ), разработанная в России, существенно упрощающая промышленный процесс получения метанводородной смеси (МВС), поскольку не требует производства кислорода, происходит при более низких температурах (680°C), не требует капиталозатратного электролиза воды и построена на отработанных крупнотоннажной химией технологических решениях, режимах и катализаторах.

Данный процесс является наиболее экономичным способом получения водорода и в будущем может стать базовым для водородной энергетики на основе природного газа. Интеграция ВИЭ и низкотемпературной АКМ позволит снизить энергоемкость получения водорода в 5 раз в сравнении с энерго- и капиталозатратным процессом электролиза воды [10].

Себестоимость производства водорода в США составляет 0,4–0,8 долл. США/кг или 400–800 долл. США/т. В РФ данные значения выше в несколько раз: 1,8–2 долл. США/кг или 1800–2000 долл. США/т.

Доля РФ на глобальном рынке водорода к 2035 г. будет примерно 3% при высоком спросе к 2035 г. и 13% при минимальном росте спроса к 2035 г. [13].

## **РЕШЕНИЕ КОМИТЕТА ПО ЭНЕРГЕТИКЕ ГОСДУМЫ РФ ПО ПРИРОДНОМУ ГАЗУ**

Комитет Государственной Думы по энергетике 27.01.2021 г. рассмотрел проект Генеральной схемы развития газовой отрасли на период до 2035 г.

В решение Комитета по итогам дискуссии войдет предложение к министерству энергетики о проработке механизма максимизации выручки; таможенных и налоговых поступлений от экспорта природного газа в разных видах в бюджет РФ и снятия рисков прямой конкуренции российского трубопроводного газа и СПГ.

По нашему мнению, необходимо увеличить цену СПГ до уровня, при котором углеродоемкость СПГ равна углеродоемкости трубопроводного газа «Газпрома» в Европу и Азию. Нужно построить модель и провести расчеты. Известно, что к 2050 г. Европа намерена перейти к безуглеродной экономике, т.е. водороду и ВИЭ. По расчетам энергетиков этот переход приведет к значительному росту цены на энер-

гию. В России главный путь перехода к водороду на основе преобразования природного газа возможен и экономически эффективен.

## ВЫВОДЫ

1. По нашему мнению, цена экспорта американского СПГ из сланцевого газа недостаточно учитывает его углеродоемкость и этот СПГ должен стоить дороже, чем менее углеродоемкий трубопроводный газ России, поставляемый в Европу. Целесообразно рассмотреть эту проблему на международной конференции стран-участниц Парижского соглашения по климату в ноябре 2021 г.

2. По нашей оценке, введение экологических ограничений на сланцевую нефть и газ значительно увеличат их цену. Как выше отмечалось в [5] на 17–37% для газа. Это ограничит экспорт сланцевого газа США в Европу и повысит конкурентоспособность трубопроводного газа России. США выступают против «Северного потока-2», хотя газ из этого трубопровода дешевле и экологичнее для Европы, чем импорт СПГ из США [17].

3. В американском штате Техас в экстремально холодном феврале 2021 года ветровые и солнечные электростанции перестали работать, газовые трубы вышли из строя. В результате миллионы жителей остались без газа и электроэнергии, тарифы выросли в сотни раз. Ключевым свойством любой энергосистемы является стабильность работы на протяжении долгого времени. А в энергосистеме с высокой долей возобновляемой энергетики именно стабильность работы ставится под сомнение, прежде всего в связи с высокой зависимостью ВИЭ от быстро меняющихся погодных условий.

4. По нашему мнению, необходимо увеличить цену СПГ до уровня, при котором углеродоемкость СПГ равна углеродоемкости трубопроводного газа «Газпрома», экспортируемых в Европу и Азию.

5. Известно, что к 2050 г. Европа намерена перейти к безуглеродной экономике, т.е. водороду и ВИЭ. По расчетам энергетиков этот переход приведет к значительному росту цены на энергию. В России главный путь перехода к водороду возможен и экономически эффективен через технологию преобразования природного газа.

6. Необходимо построить многофакторные регрессионные модели спроса на экспорт СПГ и трубопроводный газ России в Европу и Азию в зависимости от погоды (температуры воздуха), темпов роста ВВП и цены на газ. В Институте микроэкономики были выполнены расчеты по данным за 2001–2015 гг. по моделям спроса на газ «Газпрома» в Европе в зависимости от темпов роста ВВП и цен на газ. Учет температуры требует построения моделей для осенне-зимнего и весенне-летнего периодов года.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *S. Najm, R. Matsumoto*. Does renewable energy substitute LNG international trade in the energy transition? *Energy Economics*, V 92 October 2020.

2. *Gen-Fu Feng, Quan Jin Chu, Jun Wen, Chun-Ping Chang*. Does the shale gas boom change the national gas price-production relationship? Evidence from the US market. *Energy Economics*, V 93 January 2021.

3. *Gilbert A.Q., Sovacul B.K.* US LNG export: boom or bust for the global climate? *Energy*. 141, 2017 (1671-1680).

4. *Hunpeng Shi, Yifan Shen*. Macroeconomic uncertainty and natural gas prices: Revisiting the Asian Premium. *Energy Economics*, V 94 (2021).

5. *Eric Yep, Ksbitir Goliya*. Coal. Natural gas. Metals. Energy transition, LNG.

6. *Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Грачев В.А.* Перспективы и проблемы добычи сланцевого газа в Европе. Проблемы прогнозирования. 2019. №5 (176). С. 141–148.

7. Интервью О.Е. Аксютин. Инновационное развитие //Корпоративный журнал «Газпром». 2021. №3.

8. *Сергей Комлев*. Сколько природного газа будет потреблять Европа? // Корпоративный журнал «Газпром». 2020. №12.

9. Экологический отчет ПАО «Газпром» за 2019 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/gazprom-annual-report-2019-ru.pdf> (дата обращения: 20.01.2021).

10. *Аксютин О.Е., Ишков А.Г., Романов К.В., Тетеревнев Р.В., Пыстина Е.А.* Вклад газовой отрасли в формирование энергетической модели на основе водорода //Научно-технический сборник «Вести газовой науки», 2017.

11. Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года/ИНЭИ РАН, Аналитический центр при Правительстве РФ, 2013.

12. Кузовкин А.И. Снижение экспорта и цен на российский газ в Европе в 2020 году и их прогноз до 2030 года //Микроэкономика. 2021. №1. С. 62–71.

13. Обзор ЦЭП ГПБ Газпромбанка 20 января 2021 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://investvitrina.ru/articles/?tag=ЦЭП+Газпромбанка> (дата обращения: 20.01.2021).

14. Hydrogen production. Wikipedia. 2020.

15. Kangyin Dong, Xiucheng Dong, Xiaohang Ren. Can expanding natural gas infrastructure mitigate CO<sub>2</sub> emissions? Analysis of heterogeneous and mediation effects for China. *Energy Economics* 90 (2020).

16. API vs Газпром. Разные взгляды на экологичность СПГ из США и трубопроводного газа из России [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://lngnews.ru/2020/07/4658/api-vs-gazprom-raznye-vzglyady-na-ekologichn/> (дата обращения: 20.01.2021).

17. Кузовкин А.И. О влиянии «Северного потока-2» на рынок природного газа ЕС (аналитический обзор) //Микроэкономика. 2020. №4. С. 76–81.

## REFERENCES

1. S. Najm, R. Matsumoto. Does renewable energy substitute LNG international trade in the energy transition? *Energy Economics*, V 92 October 2020.

2. Gen-Fu Feng, Quan Jin Chu, Jun Wen, Chun-Ping Chang. Does the shale gas boom change the national gas price-production relationship? Evidence from the US market. *Energy Economics*, V 93 January 2021.

3. Gilbert A.Q., Sovacul B.K. US LNG export: boom or bust for the global climate? *Energy*. 141, 2017 (1671–1680).

4. Hunpeng Shi, Yifan Shen. Macroeconomic uncertainty and natural gas prices: Revisiting the Asian Premium. *Energy Economics*, V 94 (2021).

5. Eric Yep, Ksbitir Goliya. Coal. Natural gas. Metals. Energy transition, LNG.

6. Aksyutin O.E., Ishkov A.G., Grachev V.A. Prospects and problems of shale gas production in Europe. *Forecasting problems*. 2019. No. 5 (176). pp. 141–148.

7. Interview with O.E. Aksyutin. Innovative development //Gazprom Corporate Magazine. 2021. №3.

8. Sergey Komlev. How much natural gas will Europe consume? // Gazprom Corporate Magazine. 2020. No. 12.

9. Environmental report of PJSC Gazprom for 2019 [Electronic resource]. — Access mode: <https://www.gazprom.ru/f/posts/77/885487/gazprom-annual-report-2019-ru.pdf> (date accessed: 20.01.2021).

10. Aksyutin O.E., Ishkov A.G., Romanov K.V., Teterevnev R.V., Pystina E.A. Contribution of the gas industry to the formation of an energy model based on hydrogen //Scientific and technical collection «News of Gas Science», 2017.

11. Forecast of energy development in the world and Russia until 2040/INEI RAS, Analytical Center under the Government of the Russian Federation, 2013.

12. Kuzovkin A.I. Reduction of exports and prices for Russian gas in Europe in 2020 and their forecast until 2030 //Microeconomics. 2021. No. 1. pp. 62–71.

13. Review of the CEP of Gazprombank»s GPB on January 20, 2021 [Electronic resource]. — Access mode: <https://investvitrina.ru/articles/?tag=CEP+Gazprombank> (date accessed: 20.01.2021).

14. Hydrogen production. Wikipedia. 2020.

15. Kangyin Dong, Xiucheng Dong, Xiaohang Ren. Can expanding natural gas infrastructure mitigate CO<sub>2</sub> emissions? Analysis of heterogeneous and mediation effects for China. *Energy Economics* 90 (2020).

16. API vs Gazprom. Different views on the environmental friendliness of LNG from the USA and pipeline gas from Russia [Electronic resource]. — Access mode: <https://lngnews.ru/2020/07/4658/api-vs-gazprom-raznye-vzglyady-na-ekologichn/> (date accessed: 20.01.2021).

17. Kuzovkin A.I. On the impact of Nord Stream-2 on the EU natural gas market (analytical review). 2020. No. 4. pp. 76–81.