ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ И НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА, МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И ГЕОМЕТРИЯ НЕДР

Научная статья
УДК 621.64
https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-1-61-71

Транспортировка трубопроводного и сжиженного природного газа: сравнительный анализ достоинств и недостатков

В.С. Исмагилова[a]✉, Т.В. Чекушина[b]

[a,b]Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

Резюме. Энергообеспечение и энергоэффективность на сегодняшний день остаются наиболее важными и актуальными вопросами оживленных дискуссий на международной арене. Цель представленной работы заключается в исследовании современного состояния рынка природного газа. Первостепенными видами транспортируемого углеводородного топлива на торговой площадке в настоящее время являются природный газ, транспортируемый преимущественного по магистральным трубопроводам, и его главный конкурент сжиженный природный газ. В процессе изучения рассматриваемого вопроса был произведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков транспортировки трубопроводного и сжиженного природного газа на примере поставок в Европейский союз товарного газа из Российской Федерации и сжиженного природного газа из Соединенных Штатов Америки. Следует отметить, что с сентября 2022 года на неопределенный срок были полностью приостановлены поставки природного газа из России по магистральному газопроводу «Северный поток». В связи с этим на данный момент именно американский сжиженный природный газ становится главной альтернативой трубопроводному газу из России. Между Соединенными Штатами и Европейским союзом сформирована договоренность по поставке 15 млрд м^3 сжиженного природного газа в минувшем 2022 году. Тем не менее неоспоримым остается тот факт, что ежедневные гарантированные поставки природного газа являются своевременным и экономически целесообразным источником энергетического топлива. С помощью правила гарантированных достоинств и недостатков авторами данной статьи выявлены наиболее рациональные и выгодные аспекты транспортировки легкого углеводородного топлива. В результате проведенного исследования проанализированы такие показатели, как стоимость поставляемого сырья, затраты, необходимые для транспортировки сопоставляемых вариантов, и количество потерь углеводородного газа в процессе основных технологических операций. Совместно с вышеизложенным изучен вопрос экологической безопасности эксплуатируемых объектов.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, трубопроводный газ, правило гарантированных достоинств и недостатков

Для цитирования: Исмагилова В.С., Чекушина Т.В. Транспортировка трубопроводного и сжиженного природного газа: сравнительный анализ достоинств и недостатков // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 1. С. 61–71. https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-1-61-71.

APPLIED MINING AND PETROLEUM FIELD GEOLOGY, GEOPHYSICS, MINE SURVEYING AND SUBSOIL GEOMETRY

Original article

Transportation of pipeline and liquefied natural gas: comparative analysis of pros and cons

Viktoriya S. Ismagilova[a]✉, Tatyana V. Chekushina[b]

[a,b]Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract. Today energy supply and energy efficiency are still the most important and relevant issues of lively international discussions. The purpose of this paper is to study the current state of the natural gas market. The primary types of transported hydrocarbon fuels currently presented on the trading floor include natural gas predominantly transported through

© Исмагилова В.С., Чекушина Т.В., 2023

trunk pipelines, and liquefied natural gas competing with it. The study of this problem involved a comparative analysis of the advantages and disadvantages of liquefied natural gas and pipeline gas transportation for the case of commercial gas shipment from the Russian Federation to the European Union and liquefied natural gas shipment from the United States of America to the European Union. It is important to note that natural gas shipments through the Nord Stream gas pipeline have been completely suspended since September 2022 for an indefinite period of time. As a consequence, it is the American liquefied natural gas that is becoming the main alternative to the pipeline gas from Russia today. An agreement has been formed between the United States and the European Union to supply 15 billion cubic meters of liquefied natural gas in the past 2022. However, the inescapable fact is that daily guaranteed shipment of natural gas is a timely and economically feasible source of energy fuel. Using the rule of guaranteed advantages and disadvantages, the authors identified the most rational and profitable aspects of light hydrocarbon fuel transportation. The conducted study resulted in the analysis of the following indicators: the cost of shipped raw materials, the transportation cost of compared options, and amount of hydrocarbon gas losses during the main technological operations. In addition, the issue of environmental safety of operated facilities was considered.

Keywords: liquefied natural gas, pipeline gas, rule of guaranteed advantages and disadvantages

For citation: Ismagilova V.S., Chekushina T.V. Transportation of pipeline and liquefied natural gas: comparative analysis of pros and cons. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use.* 2023;46(1):61-71. (In Russ.). https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-1-61-71.

Введение

Когда человечество подошло к границе нового энергетического кризиса, вновь вспыхнули оживленные дискуссии по поводу альтернативы использования тех или иных видов углеводородного сырья. На сегодняшний день Европейский союз до сих пор пытается разрешить последствия энергетического кризиса 2021 года. Весь мир прекрасно помнит, как зимой того года по всей территории Евросоюза прокатилась волна возмущений, связанных с отсутствием тепла в жилых помещениях. Активы Союза были не готовы к аномальным погодным условиям, и стремительные заявления Европы об отказе от углеводородных полезных ископаемых с переходом на альтернативные источники энергии нанесли ущерб финансовому состоянию крупных импортеров газа. Энергетический кризис в Европе подтверждает высокую зависимость промышленно развитых стран от углеводородных ресурсов, несмотря на попытки нарастить использование возобновляемых источников энергии [1]. В свою очередь, на основе анализа потребления всех видов топлива можно утверждать, что в наибольшей импортной зависимости Европейский союз находится именно от поставок природного газа [2].

В современных реалиях наблюдается положительная динамика спроса на природный газ в Европе. Союз не намерен повторять негативный опыт и взялся стремительно наращивать активы. По данным Ассоциации операторов газовой инфраструктуры Европы (*англ.:* Gas Infrastructure Europe), на газовые сутки 29 августа 2022 года средний уровень заполненности подземных хранилищ газа в Европе достиг намеченных 80 %[1]. Тем не менее Евросоюз не намерен останавливаться на достигнутом и в последующие годы ставит задачу по увеличению запасов до 90 %. Как известно, спрос рождает предложения, потому в связи с сокращением транспортировки природного газа из России большая доля поставок перешла к Соединенным Штатам Америки, совместно с этим увеличили свой процент экспорта Катар, Алжир, Норвегия, Азербайджан и Ливия.

Стоит отметить, что заинтересованность в ресурсе проявляет не только Европейский союз – это делают и Скандинавские страны. Имея значительные запасы углеводородного сырья, крупные станы-импортеры нефти и газа решили действовать на перспективу. В то время как Россия и Европа не могут прийти к единому соглашению насчет поставок природного газа, Норвегия заключила контракт с Соединенными Штатами Америки на 15 лет на приобретение 1,75 млн т сжиженного природного газа в год, что составляет около 2,4 млрд м^3, для последующей реализации его в Европейский союз. Данная перепродажа не нарушает пункты подписанного договора, так как условия поставки FOB (*англ.:* Free on

[1] В Евросоюзе раскрыли уровень заполнения газохранилищ // Lenta.ru [Электронный ресурс]. URL: https://lenta.ru/news/2023/01/26/markerrr/ (07.09.2022).

Board) международных правил Инкотермс (*англ.:* Incoterms, International Commercial Terms) не препятствуют продаже товаров в любую точку мира. Следует признать тот факт, что рост спроса и корректировка предложения по всей цепочке создания стоимости газа способствуют восстановлению мирового углеводородного рынка [3].

В настоящее время Европейский континент проявляет активный интерес к сжиженному природному газу. Данный феномен объясняется тем, что сжиженный природный газ, для которого характерны конкурентоспособные цены, обеспечил переход с угля на газ в энергетическом секторе, стал достойной альтернативой трубопроводному газу, что, в свою очередь, способствовало повышению внутренней добычи и импорта газа в целом [4]. В то же время при ожидаемом росте спроса на сжиженный природный газ в Европе добыча природного газа на ее территории не является многообещающей. На сегодняшний день данный регион является единственным, где высока перспектива снижения добычи природного газа [5]. В мировом производстве газа на долю сжиженного природного газа приходится порядка 40 %. Важно отметить, что мировая тенденция также направлена на увеличение спроса именно на сжиженный природный газ, нежели на его главный конкурент трубопроводный природный газ, спрос на который в разы уменьшился за 2021 год.

Глобализация рынка газа в связи с распространением сжиженного природного газа обострила конкуренцию на рынке Европы [6]. В течение нескольких десятков лет Россия снабжала Европейский союз трубопроводным газом, а с ростом рынка сжиженного природного газа появились новые экспортеры углеводородного топлива. С марта 2022 года между Соединенными Штатами Америки и Европейским союзом сформирована договоренность по поставкам сжиженного природного газа общим объемом 15 млрд м^3 в 2022 году с последующим увеличением до 50 млрд м^3 в год к 2030 году.

Как отмечают эксперты американо-британской компании Refinitiv, мировой рынок сжиженного газа характеризуется положительной динамикой: по итогам 2021 года рост составил 5,4 %, а объем потребления в мире установился на уровне своего исторического максимума в размере 382,7 млн т[2]. Ведущие мировые аналитики в нефтегазовой сфере предполагают, что данная тенденция будет только возрастать и к 2035 году увеличится вдвое[3]. На основе предоставленных международной консалтинговой компанией Wood Machenzie данным компанией «Новатэк» был спрогнозирован и составлен график предполагаемой тенденции увлечения спроса на сжиженный углеводородный газ (рис. 1).

Материалы и методы исследования

Таким образом, сжиженный природный газ стал неотъемлемой частью мировой торговли газом и совместно с этим переходит в разряд одного из ключевых факторов формирования мирового энергетического рынка [7]. Сжиженный природный газ применяют для тех же целей, что и сетевой природный газ: получение электричества, тепловой энергии и промышленного холода, газификация населенных пунктов и промышленных объектов, создание резерва топлива для компенсации пиковых нагрузок, использование в качестве моторного топлива на транспорте, а также сырья для химической промышленности [8, 9]. В то же время существует ряд факторов, которые делают сжиженный природный газ конкурентоспособным товаром по отношению к трубопроводному газу.

Рассмотрение вышеизложенной темы приводит к необходимости сравнения основных видов транспортируемого углеводородного топлива (трубопроводного газа и сжиженного природного газа) и выявления наиболее рационального и экономически выгодного сырья.

В табл. 1 представлены значимые аспекты, необходимые для сопоставления рассматриваемых источников энергии в части их транспортировки.

---

[2] Рынок СПГ становится дефицитным // Morvesti.ru [Электронный ресурс]. URL: http://www.morvesti.ru/themes/1694/94761/ (07.09.2022).

[3] Unlocking Arctic potential: expanding our global LNG footprint to 2030 // Novatek.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.novatek.ru/common/upload/doc/IR_June_2020_Investor_Meetings.pdf (07.09.2022).

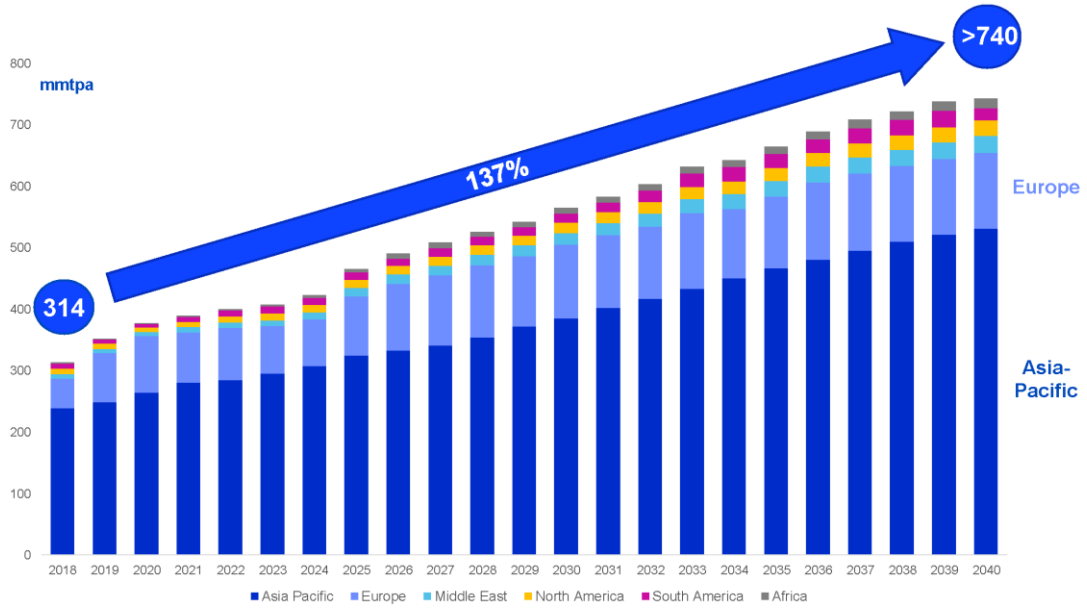

Рис. 1. График прогнозируемого спроса на сжиженный природный газ на мировом рынке[4]
Fig. 1. Graph of forecast liquefied natural gas demand on the world market[4]

Таблица 1. Сравнительный анализ транспортировки трубопроводного и сжиженного природного газа
Table 1. Comparative analysis of pipeline and liquefied natural gas transportation

Вид транспортируемого сырья	Достоинства	Недостатки
Сжиженный природный газ	Более высокая экологичность	Высокая стоимость технологии сжижения газа
	Удобство хранения и транспортировки	
	Возможность массовой транспортировки в любую точку мира	Необходимость строительства терминала по приему и регазификации
	Гибкость и конкурентоспособность на рынке	Вероятность срыва поставок из-за погодных условий
	Отсутствие риска воспламенения и взрывов	Применение дополнительных технологий для сжижения газа перед транспортировкой и разжижения сырья перед подачей потребителю
	Наиболее низкая себестоимость перевозки на дальние расстояния	Значительные потери газа во время процесса сжижения и регазификации
Трубопроводный газ	Высокая скорость доставки больших объемов	Жесткость трассы трубопроводов
	Минимальные потери топлива при перекачке	Крупные материальные затраты на сооружение и эксплуатацию магистрали
	Бесперебойная и своевременная транспортировка газа к месту сбыта, не зависящая от климатических условий	Возможность возникновения утечек, воспламенения и взрывов
	Небольшие финансовые затраты на перекачку	Потеря энергии газа на преодоление внутреннего трения о стенки труб
	Отсутствие дополнительной переработки перед транспортировкой	Снижение эффективности системы после длительного использования

[4] Unlocking Arctic potential: expanding our global LNG footprint to 2030 // Novatek.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.novatek.ru/common/upload/doc/IR_June_2020_Investor_Meetings.pdf (07.09.2022).

Главным преимуществом сжиженного углеводородного газа считается легкость его транспортировки и доступность поставки в любую точку независимо от расстояния, климатических условий и рельефа местности в отличие от трубопроводного газа, который доставляется строго по определенному маршруту, соответствующему температурным нормам и географическим условиям. Кроме того, магистральные трубопроводы прокладываются единожды по построенному пути, в связи с чем отсутствует возможность перенаправить трассу на другой рынок сбыта. В свою очередь, для поставок сжиженного природного газа характерна гибкость и способность адаптировать их под требования потребителя. При этом трассу трубопровода требуется обеспечить необходимой инфраструктурой и оборудованием, в то время как судно танкера уже оснащено технически [10].

Для Европы как для основного приверженца «зеленой экономики» важным преимуществом сжиженного природного газа является то, что он не воспламеняется и не взрывается сам по себе в результате низкой концентрации метана в воздухе, вследствие чего не несет угрозы выброса углекислого газа в атмосферу.

Самым спорным моментом для заполнения активных мощностей хранилищ природного газа любой страны выступает себестоимость поставок углеводородного сырья. Существует мнение, что себестоимость трубопроводного газа значительно дешевле себестоимости поставок сжиженного природного топлива вследствие дорогостоящего процесса приготовления сжиженного газа к транспортировке. Данный феномен обусловлен тем, что для подготовки газа к отправке необходимо использовать достаточно дорогое оборудование, а также сложный технико-технологический процесс, сопровождающийся высокими энергетическими затратами. Совместно с этим к стоимости добавляются значительные капитальные вложения на перевозку танкерами. Для покупателя данный процесс усложняется дополнительными материальными затратами на эксплуатацию пункта приема сжиженного природного газа, включающего в себя терминал по регазификации сырья. В результате этого страны-импортеры задумываются о наиболее экономически выгодных предложениях закупок углеводородного сырья.

Основным поставщиком сжиженного природного газа из Российской Федерации в Европейский союз в 2021 году выступало ПАО «Новатэк». В активах компании разрабатываются крупные газовые залежи Ямало-Ненецкого автономного округа, на долю которого приходится 76,4 % всех текущих запасов газа Российской Федерации (рис. 2). В пределах российского арктического пространства локализовано около 70 % всего арктического природного газа [11, 12]. Самым крупным стратегическим объектом считается интегрированный проект по добыче, сжижению и реализации природного газа «Ямал СПГ».

Рис. 2. Отношение количества запасов природного газа Ямало-Ненецкого округа к общему количеству запасов газа в России
Fig. 2. Yamalo-Nenets District natural gas reserves vs total gas reserves in Russia

Средняя себестоимость сжиженного природного газа Ямало-Ненецкого автономного округа при поставках ПАО «Новатэк» в Европу держалась на уровне 95,7 долл. США за 1000 м^3. По данным опубликованных ежегодных отчетных документов, в эту стоимость входит 4,5 долл. за добычу, 26,8 долл. за сжижение газа и 63,8 долл. за доставку топлива потребителю[5].

В свою очередь, крупнейшим поставщиком трубопроводного газа в Европу в 2021 году по-прежнему оставалась транснациональная энергетическая компания «Газпром», на долю которой приходилось примерно 28–32 % всей емкости рынка природного газа, приблизительно оценивающегося в 400 млрд м^3. Средняя экспортная стоимость поставок газа ПАО «Газпром» для Евросоюза при помощи трубопроводного транспорта составила 272,8 долл. США за 1000 м^3 [6].

Приведенные факты позволяют сделать вывод, что в 2021 году закупка сжиженного природного газа для европейского рынка экономически оказалась практически в несколько раз выгодней закупки трубного газа.

Следует отметить, что наблюдается снижение стоимости сжижения природного газа по причине масштабного серийного производства оборудования и усовершенствования технологий. Тем не менее основные затраты в себестоимости сжиженного природного газа приходятся именно на доставку сырья. Вопрос транспортировки сжиженного природного газа активно изучается как отечественными, так и зарубежными учеными [13–17]. В конце августа 2022 года американская деловая газета The Wall Street Journal опубликовала новость о резком скачке цен на сжиженный природный газ и стоимость его перевозки, связанном с неожиданным увеличением спроса на танкеры. Повышенный интерес к грузовым самоходным суднам обуславливается самым высоким уровнем спроса на сжиженный природный газ за последние несколько лет, вызванным рекордными аномальными погодными условиями в Европе и Азии. Стоимость фрахта выросла совместно со стоимостью заказа новых танкеров. Годом ранее готовый танкер для сжиженного природного газа обходился заказчику в сумму, равную 190 млн долл. США, тогда как в августе 2022 года рассматриваемая величина составила 240 млн долл.[7].

Рассмотренные преимущества и недостатки являются субъективными, данный вопрос требует более объективного рассмотрения всех параметров для выявления наиболее рационального и выгодного способа транспортировки газа. Для этого воспользуемся правилом гарантированных достоинств и недостатков.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве исходных данных возьмем условия, актуальные на август – сентябрь 2022 года. Главенствующую роль экспортера сжиженного углеводородного газа тогда выполняли Соединенные Штаты Америки, которые в августе 2022 года поставили в Европу 6,25 млн т топлива. Несмотря на резкое снижение поставок природного газа из России в Германию по «Северному потоку – 1», до сентября 2022 года ПАО «Газпром», как и прежде, оставалось основным поставщиком углеводородного топлива по магистральному трубопроводу. Для сравнения подберем наиболее важные параметры торгово-экономических отношений на бирже энергетического сырья. Список вариантов и рассматриваемые критерии оценки систематизированы в табл. 2.

Каждый из представленных вариантов оценивается по выбранным критериям, и с

[5] ПАО «Новатэк»: Анализ и оценка руководством финансового положения и результатов деятельности за три месяца, закончившихся 30 сентября 2021 г. // Novatek.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.novatek.ru/common/upload/doc/MDA_3Q_2021_(Rus)_final.pdf (07.09.2022).

[6] Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2021 год // Gazprom.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2021-ru.pdf (07.09.2022).

[7] WSJ сообщает, что на мировом рынке началась нешуточная борьба за СПГ-танкеры // Fbm.ru [Электронный ресурс]. URL: https://fbm.ru/novosti/business/wsj-soobshhaet-chto-na-mirovom-rynke-nachalas-neshutochnaja-borba-za-spg-tankery.html (07.09.2022).

Таблица 2. Исходные данные для сравнения сжиженного природного газа и трубопроводного газа[8,9] [18, 19]
Table 2. Input data for the comparison of liquefied natural gas and pipeline gas[8,9] [18, 19]

Критерий	Сжиженный природный газ	Трубопроводный газ
Стоимость 1000 м^3 топлива	2620 долл. США (по состоянию на 26 августа 2022 г.)	512 долл. США (по состоянию на 7 сентября 2022 г.)
Затраты на доставку топлива	240 млн долл. США за один рейс танкера, вмещающего газ объемом 260 тыс. м^3	68,83 руб. за 1 тыс. м^3 газа на 100 км
Количество потерь при транспортировке	0,1–0,15 %	0,2–0,3 %
Экологическая безопасность при транспортировке	2 балла	1 балл

помощью прямой (1) или обратной (2) пропорции[10] вычисляются баллы, необходимые для анализа-сравнения. Для рационального вычисления зададим диапазон значений эталонной шкалы от 1 до 10, которая в вышеупомянутых формулах принимает значения *maxБ* и *minБ* соответственно.

$$x_i = \frac{(\text{А}-min)(max\text{Б}-min\text{Б})}{max-min} + min\text{Б}, \qquad (1)$$

$$x_i = \frac{(max-\text{А})(max\text{Б}-min\text{Б})}{max-min} + min\text{Б}. \qquad (2)$$

Параметр *А* подразумевает числовое значение представленного варианта по анализируемому критерию. С целью объективного анализа подбираются наиболее приближенные к параметру *А* значения максимума и минимума.

1. Стоимость спотовых партий сжиженного природного газа из Соединенных Штатов Америки, согласно условиям FOB, на начало газовых суток 26 августа 2022 года составила 73,35 долл. за MMBtu, что в переводе составляет 2620 долл. за 1000 м^3. Применительно к укрепившемуся на тот момент курсу рубля к доллару цена 1 м^3 российского трубопроводного газа установилась на уровне 512 долл. США. Вследствие этого максимальное значение зададим равным 2700, а минимальное – 500. На основании того, что меньшая стоимость выгодней для импортера, рассматривается обратная пропорция:

$$x_{\text{СПГ}} = \frac{(2700-2620)(10-1)}{2700-500} + 1 = 1{,}33,$$

$$x_{\text{ТГ}} = \frac{(2700-512)(10-1)}{2700-500} + 1 = 9{,}95.$$

2. По причине повышенного спроса на танкеры для сжиженного природного газа стоимость одного фрахта готового танкера по маршруту «Соединенные Штаты Америки – Германия» составляла 240 млн долл. Современный танкер для транспортировки сжиженного природного газа вмещает объем до 260 тыс. м^3 сжиженного газа, из чего может быть получено приблизительно 160 млн м^3 природного газа. Между тем стоит отметить, что требуются затраты на прием, регазификацию и транспортировку углеводородного топлива до емкостей для хранения. Эксплуатация нитки «Северный поток – 1» обходилась в 68,83 руб. за 1000 м^3 газа на 100 км[11]. Длинна трубопровода насчитывает 1224 км, примерная суточная величина поставки газа на рассматриваемый период времени оставалась на уровне 200 млн в сутки, в результате чего получаем величину, равную 281 млн долл. США. Значение максимума определим как 290, значение минимума – 230. Предпочтение отдаем наименьшим затратам на транспортировку, в ре-

[8] Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2021 год // Gazprom.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2021-ru.pdf (07.09.2022).
[9] ГОСТ 32569-2013. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах // Docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200111138 (07.09.2022).
[10] Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Советующие информационные системы в экономике: учебн. пособие. М.: ИНФРА-М, 2016. 485 с.
[11] Годовой отчет ПАО «Газпром» за 2021 год // Gazprom.ru [Электронный ресурс]. URL: https://www.gazprom.ru/f/posts/57/982072/gazprom-annual-report-2021-ru.pdf (07.09.2022).

зультате чего вычисления проводим по обратной пропорции:

$$x_{\text{СПГ}} = \frac{(290-240)(10-1)}{290-230} + 1 = 8{,}5,$$
$$x_{\text{ТГ}} = \frac{(290-281)(10-1)}{290-230} + 1 = 2{,}35.$$

3. Анализ эффективности транспортных систем невозможно производить без комплексного представления объемов потерь углеводородного газа в процессе основных технологических операций. В результате многочисленных экскрементов было установлено, что при перевозке морскими судами потери сжиженного природного газа варьируют в диапазоне от 0,1 до 0,15 % в зависимости от вместимости танкера [18]. Потери природного газа при транспортировке магистральными трубопроводами в среднем составляют 0,2–0,3 % от перекачиваемого объема. Значение максимума подберем как 0,3, а значение минимума – 0,1. Применяем обратную пропорцию, так как необходимо сократить потери энергетического сырья при его транспортировке:

$$x_{\text{СПГ}} = \frac{(0{,}3-0{,}125)(10-1)}{0{,}3-0{,}1} + 1 = 8{,}875.$$
$$x_{\text{ТГ}} = \frac{(0{,}3-0{,}25)(10-1)}{0{,}3-0{,}1} + 1 = 3{,}25.$$

4. Охрана окружающей среды стала чрезвычайно важным параметром конкурентоспособности представляемых товаров и услуг. Экологическая безопасность эксплуатируемого объекта оценивается с помощью пятибалльной системы, регламентируемой межгосударственным стандартом ГОСТ 32569-2013[12]. Минимальному уровню воздействия на окружающую среду присваивается максимальный балл, то есть чем более экологически безопасен рассматриваемый объект, тем выше значение этой оценки. В связи с этим значение максимальной величины примем равным 5, а минимальной – 1. Чем больше балл, тем лучше – используем прямую пропорцию:

$$x_{\text{СПГ}} = \frac{(2-1)(10-1)}{5-1} + 1 = 3{,}5,$$
$$x_{\text{ТГ}} = \frac{(1-1)(10-1)}{5-1} + 1 = 1.$$

Полученные баллы округляем в большую сторону, попарно сравниваем каждый из рассчитанных параметров и заносим в таблицу результатов (табл. 3).

С помощью суммирования определяем вариант, набравший большее количество баллов, который и является приоритетным:

$$\sum x_{\text{СПГ}} = 7 + 6 + 3 = 16,$$
$$\sum x_{\text{ТГ}} = 9.$$

Заключение

Проведенный согласно правилу гарантированных достоинств и недостатков анализ, а также экономико-политическая ситуация, сложившаяся на сегодняшний день, позволяют прийти к выводу, что в настоящих условиях при бесперебойных доставках по установленному тарифу американский сжиженный природный газ сможет заменить лишь часть поставляемого российского газа. Неоспоримым остается факт того, что ежедневные гарантированные поставки готового товарного газа, не требующего дополнительных технологий для его отгрузки, применения и хранения, являются своевременным и экономически целесообразным источником энергетического топлива. Тем не менее в данный период именно

Таблица 3. Балльные оценки, полученные в результате анализа сжиженного природного и трубопроводного газа
Table 3. Score estimations obtained from the comparison of liquefied natural gas and natural gas

Критерий	Сжиженный природный газ	Трубопроводный газ
Стоимость за 1000 м^3 топлива	0	9
Затраты на доставку топлива	7	0
Количество потерь при транспортировке	6	0
Экологическая безопасность при транспортировке	3	0

[12] ГОСТ 32569-2013. Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах // Docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200111138 (07.09.2022).

сжиженный природный газ из Соединенных Штатов Америки остается главной альтернативой трубопроводному газу из Российской Федерации. При этом, несмотря на полную остановку ниток «Северный поток – 1» и «Северный поток – 2», Европа значительно увеличивает закупку российского сжиженного природного газа, производимого и поставляемого компанией «Новатэк». Основными рынками потребления экспортируемого газа стали такие страны, как Франция, Испания и Нидерланды. С начала 2022 года экспорт российского сжиженного природного газа в Европейский союз увеличился в полтора раза и составил 15 млрд м^3. Важным фактором является то, что рынок природного газа Соединенных Штатов Америки отличается повышенной гибкостью, а действующие на нем компании постоянно нацелены на технологические и бизнес-инновации, что позволяет им существенно расширить свою нишу в глобальной торговле сжиженным углеводородным сырьем. Американский сжиженный природный газ имеет хорошие шансы как на новых рынках, так и в конкуренции за старые рынки сжиженного природного газа [20].

Список источников

1. Узнародов И.М. Энергетический кризис в Европе и перспективы низкоуглеродной экономики // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Общественные науки. 2022. №2. С. 95–101. https://doi.org/10.18522/2687-0770-2022-2-95-101.

2. Шуранова А.А., Петрунин Ю.Ю. Энергетический кризис 2021–2022 гг. в отношениях России и Европейского союза // Государственное управление. Электронный вестник. 2022. № 90. С. 74–89. https://doi.org/10.24412/2070-1381-2022-90-74-89.

3. Лазник А.А., Жарков Р.Д., Родыгина Н.Ю., Мусихин В.И. Состояние рынка природного газа в условиях пандемии COVID-19 и нестабильности спроса // Российский внешнеэкономический вестник. 2021. № 5. С. 101–115. https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-5-101-115.

4. Шавина Е.В. Тенденции развития мировой газовой отрасли в современных условиях // Геоэкономика энергетики. 2020. Т. 12. № 4. С. 40–58. https://doi.org/10.48137/2687-0703_2020_12_4_40.

5. Щеголькова А.А. Экономическая конъюнктура на глобальном рынке сжиженного природного газа // Экономика и бизнес: теория и практика. 2019. № 6-2. С. 177–184. https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-10888.

6. Гедич Т.Г. Конкуренция СПГ и российского трубопроводного газа на рынке Европы // Архивариус. 2016. № 9. С. 138–143.

7. Кириллов Н.Г., Белозерова Т.Б., Лазарев А.Н., Ярыгин Ю.Н., Дроздов Ю.В. Сжиженный природный газ: анализ мирового рынка и перспективы отечественного производства // Газохимия. 2010. № 6. С. 23–29.

8. Кириллов Н.Г. СПГ – универсальное энергетическое топливо XXI века // Нефть, газ & СРП. 2004. № 2. С. 39–43.

9. Карасевич А.М., Ярыгин Ю.Н., Дроздов Ю.В. Расширение источников поставок газа при газификации регионов России // Газовая промышленность. 2009. № S (640). С. 23–25.

10. Сахно К.Н. Разработка научного подхода к решению задач проектирования, изготовления и монтажа судовых трубопроводов // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2005. № 2. С. 145–152.

11. Козьменко С.Ю., Маслобоев В.А., Матвиишин Д.А. Обоснование экономического преимущества морской транспортировки арктического природного газа в виде СПГ // Записки Горного института. 2018. Т. 233. С. 554–560. https://doi.org/10.31897/PMI.2018.5.554.

12. Швец Н.Н., Береснева П.В. Нефтегазовые ресурсы Арктики: правовой статус, оценка запасов и экономическая целесообразность их разработки // Вестник МГИМО-Университета. 2014. № 4. С. 60–67. https://doi.org/10.24833/2071-8160-2014-4-37-60-67.

13. Балабуха А.В., Мещук А.А., Дербичев В.С., Роман К.С., Баженов П.А., Болдырев К.А. Оптимизация хранения и транспортировки сжиженного природного газа на транспортном судне // Вестник Евразийской науки. 2019. Т. 11. № 4 [Электронный ресурс]. URL: https://esj.today/PDF/12SAVN419.pdf (07.09.2022).

14. Хорошев В.Г., Попов Л.Н., Гатин Р.И. Перспективы использования альтернативных видов топлива в судовых энергетических установках // Труды Крыловского государственного научного центра. 2019. № 4. С. 194–202. https://doi.org/10.24937/2542-2324-2019-4-390-194-202.

15. Павловский В.А., Реуцкий А.С. Обоснование характеристик грузовой системы бункеровщиков сжиженного природного газа // Труды Крыловского государственного научного центра. 2018. Спец. вып. 2. С. 191–199. https://doi.org/10.24937/2542-2324-2018-2-S-I-191-199.

16. Дорожкин В.Ю. Разработка и внедрение систем технологий сжижения природного газа – движение к ресурсному и энергетическому обеспечению будущего // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2021. № 1. С. 51–57. https://doi.org/10.24412/0131-4270-2021-1-51-57.

17. Павловский В.А., Богданов А.В. Производство, хранение и транспортировка сжиженных природных газов // Труды Крыловского государственного научного центра. 2021. № 1. С. 358–360. https://doi.org/10.24937/2542-2324-2020-1-S-I-358-360.

18. Таровик О.В., Реуцкий А.С., Топаж А.Г. Оценка потерь бункерного СПГ от испарения // Мир транспорта. 2020. Т. 18. № 3. С. 84–106. https://doi.org/10.30932/

1992-3252-2020-18-84-106.

19. Тухбатуллин Ф.Г., Семейченков Д.С. Сокращение потерь природного газа в системе газораспределения за счет применения балансовых карт // Территория «Нефтегаз». 2018. № 1-2. С. 12–20.

20. Жуков С.В., Масленников А.О., Синицин М.В. Факторы глобальной конкурентоспособности американского СПГ // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. 2019. Т. 12. № 6. С. 43–70. https://doi.org/10.23932/2542-0240-2019-12-6-3.

References

1. Uznarodov I.M. The energy crisis in Europe and the prospects for a low-carbon economy. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Obshchestvennye nauki = Bulletin of higher education institutes. North Caucasus region. Social sciences*. 2022;2:95-101. (In Russ.). https://doi.org/10.18522/2687-0770-2022-2-95-101.

2. Shuranova A.A., Petrunin Yu.Yu. The 2021–2022 energy crisis in relations between Russia and European Union. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyi vestnik = Public Administration. E-journal (Russia).* 2022;90:74-89. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2070-1381-2022-90-74-89.

3. Laznik A.A., Zharkov R.D., Rodygina N.Yu., Musikhin V.I. Natural gas market under COVID-19 pandemic and unstable demand. *Rossiiskii vneshneekonomicheskii vestnik = Russian Foreign Economic Journal*. 2021;5:101-115. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/2072-8042-2021-5-101-115.

4. Shavina E.V. World gas industry development trends in modern conditions. *Geoekonomika energetiki = Geoeconomics of Energetics*. 2020;12(4):40-58. (In Russ.). https://doi.org/10.48137/2687-0703_2020_12_4_40.

5. Shchegolkova A.A. Economic conditions in the global market for liquefied natural gas. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Journal of Economy and Business*. 2019;6-2:177-184. (In Russ.). https://doi.org/10.24411/2411-0450-2019-10888.

6. Gedich T.G. Competition of LNG and Russian pipeline gas in the European market. *Arkhivarius*. 2016;9:138-143. (In Russ.).

7. Kirillov N.G., Belozerova T.B., Lazarev A.N., Yarygin Yu.N., Drozdov Yu.V. Liquefied natural gas: analysis of the world market and prospects for domestic production. *Gazokhimiya*. 2010;6:23-29. (In Russ.).

8. Kirillov N.G. Liquefied natural gas as a universal energy fuel of the 21st century. *Neft', gaz & SRP = Oil, gaz & PSA*. 2004;2:39-43. (In Russ.).

9. Karasevich A.M., Yarygin Yu.N., Drozdov Yu.V. Expansion of gas supply sources during gasification of Russian regions. *Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry*. 2009;S(640):23-25. (In Russ.).

10. Sakhno K.N. Working out scientific approach for solving engineering problems, producing and assembling vessel pipelines. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Vestnik of Astrakhan state technical university*. 2005;2:145-152. (In Russ.).

11. Koz'menko S.Y., Masloboev V.A., Matviishin D.A. Justification of economic benefits of arctic LNG transportation by sea. *Zapiski Gornogo instituta = Journal of Mining Institute*. 2018;233:554-560. (In Russ.). https://doi.org/10.31897/PMI.2018.5.554.

12. Shvets N.N., Beresneva P.V. Oil and gas in Arctic: legal status, reserves estimate and economic feasibility study. *Vestnik MGIMO-Universiteta = MGIMO Review of International Relations*. 2014;4:60-67. (In Russ.). https://doi.org/10.24833/2071-8160-2014-4-37-60-67.

13. Balabukha A.V., Meshchuk A.A., Derbichev V.S., Roman K.S., Bazhenov P.A., Boldyrev K.A. Optimization of storage and transportation of liquefied natural gas on a transport vessel. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2019;11(4). Available from: https://esj.today/PDF/12SAVN419.pdf [Accessed 7th September 2022]. (In Russ.).

14. Khoroshev V.G., Popov L.N., Gatin R.I. Prospects of alternative fuels for marine power plants. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra = Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2019;4:194-202. (In Russ.). https://doi.org/10.24937/2542-2324-2019-4-390-194-202.

15. Pavlovsky V.A., Reutsky A.S. LNG bunker handling system verification. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra = Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2018;2:191-199. (In Russ.). https://doi.org/10.24937/2542-2324-2018-2-S-I-191-199.

16. Dorozhkin V.Yu. LNG technology systems development and implementation as a movement to the resources and energy supplied future. *Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya = Transport and Storage of Oil Products and Hydrocarbons*. 2021;1:51-57. (In Russ.). https://doi.org/10.24412/0131-4270-2021-1-51-57.

17. Pavlovsky V.A., Bogdanov A.V. Production, storage and transportation of liquefied natural gases. *Trudy Krylovskogo gosudarstvennogo nauchnogo tsentra = Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2021;1:358-360. (In Russ.). https://doi.org/10.24937/2542-2324-2020-1-S-I-358-360.

18. Tarovik O.V., Reutsky A.S., Topazh A.G. Estimation of Evaporation Losses of Bunker LNG. *Mir transporta = World of Transport and Transportation*. 2020;18(3):84-106. (In Russ.). https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-84-106.

19. Tukhbatullin F.G., Semeychenkov D.S. Reduction of natural gas losses in the gas distribution system due to the use of balance cards. *Territorija "Neftegas" = Oil and Gas Territory*. 2018;1-2:12-20. (In Russ.).

20. Zhukov S.V., Maslennikov A.O., Sinitsyn M.V. Factors of global competitiveness of American LNG. *Kontury global'nykh transformatsii: politika, ekonomika, parvo = Global Infrastructure in the Digital Age*. 2019;12(6):43-70. (In Russ.). https://doi.org/10.23932/2542-0240-2019-12-6-3.

Информация об авторах / Information about the authors

Исмагилова Виктория Салимовна,
студентка,
Российский университет дружбы народов,
г. Москва, Россия,
✉ viktoriya_ismagilova_8@mail.ru
Viktoriya S. Ismagilova,
Student,
Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow, Russia,
✉ viktoriya_ismagilova_8@mail.ru

Чекушина Татьяна Владимировна,
кандидат технических наук, доцент,
доцент Департамента недропользования
и нефтегазового дела Инженерной академии,
Российский университет дружбы народов,
г. Москва, Россия,
chekushina_tv@pfur.ru
https://orcid.org/0000-0001-9261-1105
Tatyana V. Chekushina,
Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Subsoil Use
and Oil and Gas Business of the Engineering Academy,
Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow, Russia,
chekushina_tv@pfur.ru
https://orcid.org/0000-0001-9261-1105

Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 01.11.2022; одобрена после рецензирования 22.11.2022; принята к публикации 09.02.2023.
The article was submitted 01.11.2022; approved after reviewing 22.11.2022; accepted for publication 09.02.2023.