

УДК 33 DOI: 10.14451/1.240.400

## СУГ vs СПГ в условиях энергоперехода

© 2024 **Козеняшева Маргарита Михайловна**

Доктор экономических наук, заведующий кафедрой, профессор. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва, Россия.

E-mail: MKozenyasheva@gmail.com

© 2024 **Брайович Иван**

Аспирант. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия.

E-mail: ivan.brajovic@t-nafta.rs

**Ключевые слова:** сжиженный углеводородный газ (СУГ), сжиженный природный газ (СПГ), энергопереход, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), ископаемое топливо, парниковые газы, био-СУГ.

Статья посвящена долгосрочному прогнозу развития мирового рынка СУГ с учетом ситуации на мировом рынке СПГ (практически его аналог) и роли СУГ в «зеленом» энергопереходе. Актуальность статьи обусловлена тем фактом, что в условиях острой необходимости перехода на более чистые источники энергии СУГ становится мощным союзником в стремлении мира к углеродной нейтральности. В статье проанализированы определенные области применения СУГ, их потенциал еще не полностью раскрыт, но они стимулируются естественной последовательностью энергоперехода: экологичное приготовление пищи, применение в автотранспорте, в морском судоходстве и малой электроэнергетике. Проведенное исследование позволило сделать вывод, что в этих областях применения СУГ станет идеальной альтернативой ископаемому топливу с высоким содержанием углерода, однако дальнейшие темпы роста мирового рынка СУГ будут значительно отставать от темпов роста СПГ за счет усиления конкурентных преимуществ СПГ по отношению к СУГ.

При формировании долгосрочного прогноза развития мирового рынка сжиженного углеводородного газа (СУГ) необходимо учитывать следующие важные факторы: вектор развития мирового рынка сжиженного природного газа (СПГ) [4], который также широко используется для тепло- и газоснабжения, а также роль СУГ в «зеленом» энергопереходе.

Как и мировой рынок СПГ, мировой рынок СУГ не существует в форме единого рынка, а представляет собой лишь совокупность взаимосвязанных

региональных рынков. Однако формирование мирового рынка СУГ характеризуется рядом особенностей. Региональные рынки СУГ не являются навсегда зафиксированными структурами, поскольку меняются объемы производства и потребления, транспортная логистика и энергетические стратегии ключевых региональных потребителей, что приводит к росту взаимного влияния региональных рынков СУГ и выравниванию цен между ними.

Рынок СУГ – это высококонкурентный и фраг-

ментированный рынок без доминирующих компаний. Рынок характеризуется многочисленными и разнообразными игроками (производители, международные трейдеры, региональные дистрибьюторы и местные оптовики), каждый из которых обслуживает определенную нишу или подмножество клиентов. Рынок СПГ умеренно консолидирован, на нем лидирует относительно небольшое количество крупных игроков, охватывающих все звенья производственно-сбытовой цепочки СПГ (ExxonMobil, Chevron, Shell, Cheniere Energy, TotalEnergies). В связи с ростом доступности СПГ в качестве полноценного заменителя СУГ в некоторых важных потребительских секторах (автотранспорт, система автономного электро- и теплоснабжения удаленных населенных пунктов и промышленных объектов, не подключенных к единой электрической сети и газопроводам) рынок СУГ становится все более эластичным, причем в разных регионах эта эластичность неодинакова.

Несмотря на то, что в последние десятилетия рынок СУГ демонстрирует устойчивый рост емкости, его превращение в единый мировой рынок – маловероятно. Главная причина состоит в низких объемных показателях рынка СУГ: в отличие, например, от нефти, объем потребления которой в 2023 г. превысил 4,5 млрд тонн [12], аналогичный показатель для СУГ составил лишь 354 млн тонн [3], что почти в 13 раз меньше нефти. Важными препятствиями на пути становления единого мирового рынка СУГ также являются большие расстояния поставок и высокий удельный вес транспортной составляющей в цене: рынок нефти является глобальным из-за сравнительной простоты и более низких затрат на доставку от производителя к потребителю, тогда как рынок СУГ более требователен к условиям транспортировки и хранения, подразумевающим использование дорогостоящих газозовозов и капиталоемкой вспомогательной инфраструктуры.

В условиях острой необходимости перехода на более чистые источники энергии СУГ становится все более востребованным товаром. Универсальность СУГ предлагает ряд приме-

нений, которые могут значительно сократить выбросы парниковых газов, улучшить качество воздуха и поддержать глобальные усилия по декарбонизации мировой экономики. На сегодняшний день существуют определенные области применения СУГ, потенциал которых еще не полностью раскрыт, но которые стимулируются естественной последовательностью энергоперехода: экологичное приготовление пищи, автотранспорт, морское судоходство и малая электроэнергетика. Таким образом, в этих областях применения СУГ может стать идеальной альтернативой ископаемому топливу с высоким содержанием углерода.

В качестве экологически чистого топлива для приготовления пищи СУГ может заменить традиционную биомассу и уголь, уменьшая загрязнение воздуха внутри помещений и улучшая здоровье и благополучие миллионов людей во всем мире, прежде всего, на африканском континенте. Поскольку примерно треть населения мира не имеет доступа к экологичным способам приготовления пищи и полагается на загрязняющие виды топлива, использование СУГ может оказать колоссальное положительное воздействие путем снижения загрязнения воздуха в жилых домах, предотвращая примерно 3,8 миллионов преждевременных смертей ежегодно, что превышает общее число смертей от пандемии коронавируса в 2021 г. [13]

Развитие инфраструктуры для сбыта автогаза является эффективным способом улучшения экологической обстановки, особенно для городов, стремящихся запретить дизельные автомобили, и стран, не имеющих достаточной инфраструктуры для электрификации транспорта. Пока экологически чистые двигатели закрепятся на рынке, многие страны будут поощрять использование транспортных средств, работающих на СУГ, которые будут играть промежуточную роль между бензиновыми и дизельными машинами, с одной стороны, и электрическими, а также водородными автомобилями – с другой.

Морское судоходство, на долю которого приходится около 3% мировых выбросов парнико-

вых газов [11], также может извлечь выгоду от использования СУГ. Сегодня в центре внимания декарбонизации судоходства находится использование СПГ в качестве переходного вида топлива, тогда как гораздо меньше внимания уделяется другой газовой альтернативе – СУГ, который менее вреден для окружающей среды. И СПГ, и СУГ сгорают очень чисто: выбрасывается мало частиц углерода, нет серы и примерно в два раза меньше, чем у ископаемых видов топлива, выбросов оксидов азота (NOx). СПГ был первичным газовым топливом, используемым на судах, и он известен на протяжении уже многих лет. Однако СПГ в основном состоит из метана, являющегося мощным парниковым газом и вторым по величине, после углекислого газа (CO<sub>2</sub>), фактором глобального потепления, вызванным деятельностью человека. В отличие от СПГ, в состав СУГ входит незначительное количество метана, поэтому СУГ может сыграть важную роль в достижении климатической нейтральности в судоходном секторе. Согласно обновленному стратегическому плану Международной морской организации (ИМО, от англ. International Maritime Organization), к 2050 г. сектор судоходства должен быть близок к нулевому уровню выбросов. Преимущества СУГ перед СПГ в судоходстве также проявляются в экономии затрат на топливо, повышенной безопасности, простоте обращения и в более дешевых материалах, из которых изготавливаются судовые генераторные установки, работающие на СУГ. Тем не менее СУГ не пользуется большей популярностью в судоходстве, что связано с недостаточной информированностью, и требует более активного продвижения этого продукта.

СУГ также играет важную роль в мелкомасштабном производстве электроэнергии: в странах с ограниченной газовой инфраструктурой СУГ может использоваться в качестве промежуточного вида топлива, а в возобновляемой энергетике, работающей с перебоями, он может использоваться как резервный энергоисточник. Используя свойства чистого сгорания СУГ и его способность служить резервным энергоисточ-

ником, сегодня гибридные энергетические системы могут совмещать СУГ и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), что позволяет компенсировать колебания производства «зеленой» энергии, снизить выбросы углекислого газа и повысить долю ВИЭ в общем объеме энергопотребления при обеспечении бесперебойности энергоснабжения. В настоящее время львиная доля мировой электроэнергии по-прежнему вырабатывается из угля или мазута, что сопровождается высокими выбросами углекислого газа и других загрязняющих веществ, вредных для окружающей среды и здоровья человека. Использование энергии ветра и солнца может облегчить эти проблемы, но потребуются время, чтобы развернуть эти технологии в масштабах, необходимых для замены ископаемых видов топлива, в то время как некоторые регионы в среднесрочной перспективе могут не иметь необходимых возобновляемых ресурсов для полного перехода к «зеленому» сценарию. Более широкое использование низкоуглеродных ископаемых видов топлива, таких как СПГ и СУГ, может сыграть важную роль в процессе энергоперехода, особенно в развивающихся регионах с дефицитной энергетической инфраструктурой. И СПГ, и СУГ в настоящее время можно считать промежуточными энергоресурсами, подходящими для продвижения «зеленой» повестки: СПГ принимает на себя роль переходного энергоресурса к нетоксичному водородному топливу, тогда как СУГ становится переходным энергоресурсом к экологически чистому аммиачному топливу.

Хотя природный газ считается одним из самых чистых видов ископаемого топлива, его доступность зависит от близости газопроводов и регазификационных терминалов для приема СПГ и его подготовки к использованию. Зачастую существуют объективные условия, делающие расширение существующей газовой инфраструктуры невыгодным, например, большая удаленность газораспределительной сети от потребителей или низкий объем их потребления. Традиционно таких потребителей, функционирующих вне газораспределительной сети, обслуживали

небольшие децентрализованные электростанции, работающие на мазуте или дизельном топливе, при сгорании которых выделяется значительное количество углекислого газа и других загрязняющих веществ. В условиях энергоперехода подобные электростанции станут идеальными кандидатами для работы на СУГ, что позволит сократить выбросы углекислого газа на 20% по сравнению с мазутом, а также снизить количество других загрязняющих веществ на 90% и более.

По мере роста производства электроэнергии из возобновляемых источников доля ископаемых видов топлива в электрогенерации будет уменьшаться. Но поскольку солнце и ветер представляют собой непостоянные источники энергии, зависящие от погоды и сезона, им для сглаживания пиков потребления электроэнергии и аварийных отключений первичных энергоисточников необходимы гибкие резервные энергоисточники. Именно СУГ является идеальным топливом для поддержки электроэнергетических систем, в которых преобладают ВИЭ, поскольку СУГ легко хранить, он с течением времени не разлагается, для поддержания в пригодном для использования состоянии не требует нагрева или сложной фильтрации. Также СУГ имеет гораздо более низкий потенциал глобального потепления по сравнению с метаном – ключевым компонентом СПГ. Таким образом, децентрализованные электростанции<sup>1</sup>, работающие на СУГ, могут легко переключаться с режима базовой нагрузки на работу по сглаживанию пиковых нагрузок и даже беспрепятственно переходить на использование био-СУГ в качестве чистого топлива с нулевым выбросом углерода [6].

СУГ можно добавлять к СПГ для компенсации нехватки объемов СПГ и для повышения его теплотворной способности: СУГ имеет более высокую удельную теплоту сгорания по

сравнению с СПГ (45,58 МДж/кг против 43,56 МДж/кг) [10]. Также в некоторых регионах наблюдается перепроизводство СУГ, поэтому его смешивание с СПГ позволяет операторам монетизировать эти излишки. Некоторые конечные потребители или регионы могут предъявлять особые требования к теплотворной способности или числу Воббе<sup>2</sup> для СПГ, поэтому добавление СУГ к СПГ может помочь привести свойства последнего в соответствие с этими требованиями [5].

Хотя ископаемый СУГ уже имеет значительные экологические преимущества, развитие возобновляемого СУГ, получаемого из возобновляемого сырья, такого как биомасса или биологические отходы, может значительно увеличить вклад отрасли СУГ в развитие низкоуглеродной энергетики. Традиционные поставщики СУГ до сих пор не проявляли особого интереса к разработке возобновляемых видов СУГ, поэтому дистрибьюторы сами стали наращивать производство био-СУГ и возобновляемого диметилового эфира (rDME, от англ. renewable dimethyl ether), стремясь в долгосрочной перспективе достичь достаточных объемов, чтобы вытеснить с рынка ископаемый СУГ.

Био-СУГ химически идентичен обычному СУГ, а это означает, что инфраструктуру не нужно адаптировать. Био-СУГ является низкоуглеродным источником энергии, поскольку его углеродный след до 80% ниже, чем у обычного СУГ. Прогнозируется, что объем производства био-СУГ к 2030 г. достигнет 2,2 млн тонн по сравнению с 82 тыс. тонн, произведенными в 2016 г. Почти весь производимый сегодня био-СУГ является побочным продуктом растительных и отработанных масел, которые подвергаются гидроочистке для производства гидроочищенного растительного масла (HVO, от англ. hydrotreated vegetable oil) и экологически

<sup>1</sup>Децентрализованная энергетика отражает новую тенденцию развития энергосистем, которые уже не основываются только на крупных системных электростанциях, расположенных в местах расположения первичных источников, а включают в себя большое количество более мелких локальных источников электроэнергии и тепла.

<sup>2</sup>Число Воббе (англ. Wobbe index) – это показатель, представляющий собой отношение теплоты сгорания газа к квадратному корню относительной плотности при стандартных условиях. Характеризует постоянство теплового потока, получаемого при сжигании газа. Число Воббе называют высшим (WOB) и низшим (WON) в зависимости от используемой теплоты сгорания газа и выражают в мегаджоулях на кубический метр (МДж/м<sup>3</sup>).

чистого авиационного топлива (SAF, от англ. sustainable aviation fuel). Выход био-СУГ в этом процессе обычно составляет 3–10%. Ожидается, что в ближайшие 5–6 лет рынок био-СУГ будет расти в среднем на 29% в год. В настоящее время строится несколько биотопливных заводов, способных выпускать био-СУГ, крупнейшими среди которых являются индонезийский Plaju, принадлежащий «Pertamina» (мощностью 34,4 тыс. тонн в год), шведский Lysekil, принадлежащий «Preem» (мощностью 30 тыс. тонн в год) и парагвайский Omega Green, принадлежащий «ECB Group» (мощностью 29 тыс. тонн в год) [2].

Возобновляемый диметиловый эфир – это альтернативное возобновляемое топливо, которое можно использовать для смешивания с СУГ или в качестве прямой замены. Имеет много общих физических свойств с СУГ, что позволяет использовать ту же инфраструктуру. Возобновляемый ДМЭ возможно производить из ряда органических и неорганических отходов, которые можно переваривать или газифицировать, а затем в дальнейшем синтезировать для производства топлива. В настоящее время возобновляемый ДМЭ используется в транспортном секторе Калифорнии. Он был впервые произведен калифорнийской компанией «Oberon Fuels», которой принадлежит первый в мире завод по производству этого продукта [7]. Смешивая возобновляемый ДМЭ с СУГ, можно добиться значительной декарбонизации без затрат со стороны производителей и дистрибьюторов на полный переход на альтернативные возобновляемые топлива. Кроме того, возобновляемый ДМЭ обеспечивает дополнительное снижение углеродоемкости при смешивании с низкоуглеродистым био-СУГ, полученным из отработанных фритюрных масел, а также имеет потенциал в качестве низкоуглеродной альтернативы дизельному топливу.

На пути увеличения производства новых видов био- и возобновляемого СУГ основными препятствиями являются высокая стоимость и недостаточные объемы сырья. Однако со временем они смогут составить конкуренцию традиционным СУГ, и тогда производство будет рентабель-

ным без субсидий. SHV Energy, UGI International и Kew Technologies планируют открыть первый в Великобритании завод по производству возобновляемого ДМЭ мощностью 50 тыс. тонн в год, стоимостью около 1 млрд долл. США. Партнерство между Oberon Fuels и чилийской Lipigas направлено на тестирование смесей возобновляемого ДМЭ и СУГ на рынке Латинской Америки с использованием существующей инфраструктуры [1].

Сегодня емкость мирового рынка СУГ и СПГ, выраженная в массовых единицах без пересчета в энергетический эквивалент, примерно одинакова: по итогам 2023 г. общемировой спрос на СУГ составил порядка 354 млн тонн, тогда как аналогичный показатель для СПГ составил около 404 млн тонн [9]. В дальнейшем мировое потребление обоих продуктов продолжит увеличиваться, но совершенно разными темпами. Как ожидается, спрос на СУГ вырастет к 2031 г. на 9% по сравнению с 2023 г. – до 385 млн тонн, что станет пиком его жизненного цикла, а потом произойдет снижение спроса до уровня 363 млн тонн в 2040 г. [3] При этом спрос на СПГ вырастет к 2040 г. как минимум на 55% по сравнению с 2023 г. – до 625–685 млн тонн, и в дальнейшем сохранит тенденцию к росту, главным образом благодаря декарбонизации экономики Китая, стремящегося достичь углеродной нейтральности к 2060 г., и увеличению потребления в других азиатских странах [9].

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что на современном этапе СУГ и СПГ являются относительно взаимозаменяемыми продуктами, а не прямыми конкурентами. Однако в обозримой перспективе эта ситуация принципиально изменится за счет усиления конкурентных преимуществ СПГ по отношению к СУГ, что обусловлено тремя основными факторами. Во-первых, цена на СПГ по определению ниже цены на СУГ, если не считать спорадических рыночных искажений, таких как произошедший в 2021 г. европейский газовый кризис, когда СПГ стоил дороже СУГ. Во-вторых, благодаря развитию технологий сжижения, транспортировки и регазификации СПГ он сегодня становится

все более доступным как по объему, так и по цене, что в будущем позволит ему постепенно вытеснить СУГ из таких потребительских секторов, как промышленность, автономное газоснабжение и малая электроэнергетика. Например, в последние годы в Китае динамично расширяется газопроводная сеть, поэтому китайские промышленные потребители все активнее подключаются к природному газу, а СУГ постепенно вытесняется из системы сжигания. При этом мировой рынок СПГ ждет сильнейший за последние полтора десятилетия прирост предложения: в случае успешного ввода уже строящихся мощностей потенциал глобального производства СПГ может вырасти более чем на 40%. По данным Global Energy Monitor, к февралю 2024 г. в мире в целом действовали 164 технологические линии по производству СПГ общей мощностью 465,8 млн тонн в год, при этом еще 42 очереди на 191,3 млн тонн в год находились на стадии строительства [8]. Более половины вводимых мощностей обеспечат США и Катар. Рост предложения СПГ будет играть на нивелирование межрегиональной гонки цен, которая была особенно заметна на пике энергетического кризиса, когда «постковидный» рост спроса в Азии совпал с дефицитом газа в Европе, из-за чего потребители были вынуждены платить поставщикам по более высоким ценам. В-

третьих, после начала в феврале 2022 г. российской специальной военной операции (СВО) на Украине значение СПГ существенно возросло, поскольку поставки российского трубопроводного газа в Европу сократились, что привело к резкому увеличению интереса европейских стран к закупкам СПГ для замещения потерянных российских объемов. В сочетании с ростом цен на углеродные кредиты это стало одним из факторов, приведших к ограничению объемов выработки электроэнергии из нефтяного топлива, что, в свою очередь, повлекло увеличение стоимости электричества до уровня, при котором СПГ становится предпочтительным энергоисточником.

Таким образом, дальнейшие темпы роста рынка СУГ будут значительно отставать от темпов роста рынка СПГ. В этой глобальной гонке за объемами потребления в тех секторах, в которых сейчас наблюдается пересечение СПГ и СУГ, с 2032 г. СУГ начнет сдавать позиции СПГ: с этого момента мировые объемы производства и потребления СУГ начнут снижаться, и эта тенденция, вероятно, сохранится до 2040-х годов, после чего спад прекратится благодаря все более широкому применению возобновляемых видов СУГ на фоне ускоряющегося энергоперехода.

### Библиографический список

1. Международное аналитическое агентство «Argus». Argus LPG Analytics – Market Update. January 2022. – URL: <https://www.argusmedia.com> (дата обр. 28.10.2024).
2. Международное аналитическое агентство «Argus». Argus LPG Analytics – Market Update. October 2022. – URL: <https://www.argusmedia.com> (дата обр. 28.10.2024).
3. Международное аналитическое агентство «Argus». Argus Media. – URL: <https://www.direct.argusmedia.com> (дата обр. 29.10.2024).
4. Национальная ассоциация нефтегазового сервиса России. – URL: <https://nangs.org> (дата обр. 27.10.2024).
5. Онлайн словарь «Академик». – URL: <https://dic.academic.ru> (дата обр. 30.10.2024).
6. Онлайн словарь электротехнических терминов. – URL: <https://electricalschool.info> (дата обр. 29.10.2024).
7. Официальный сайт ведущего производителя диметилового эфира «Oberon Fuels»title. – URL: <https://www.oberonfuels.com> (дата обр. 29.10.2024).
8. Официальный сайт всемирной энергетической ассоциации Global Energy Association. – URL: <https://globalenergyprize.org> (дата обр. 26.10.2024).
9. Официальный сайт корпорации «Shell». – URL: <https://www.shell.com> (дата обр. 29.10.2024).
10. Официальный сайт производителя газоочистного оборудования компания «СИНТЭК». – URL: <https://zavod-gs.ru> (дата обр. 27.10.2024).
11. Сибирское отделение Российской академии наук. – URL: <http://www.sur.ru> (дата обр. 28.10.2024).
12. Energy Institute (EI), London. Statistical Review of World Energy, 73rd edition. London. – 2024.
13. Rockall J. The Role of LPG in Shaping the Energy Transition. 27 June 2023 / World LPG Association. – URL: <https://www.worldliquidgas.org> (visited on 10/27/2024).