

УДК 339.923 DOI: 10.14451/1.255.170

Воздействие энергетического перехода на сырьевую базу газохимии

© 2026 **Гусарова Светлана Анатольевна**

Доктор экономических наук, доцент, профессор. Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва.

E-mail: s-gusarova@mail.ru

© 2026 **Крюков Иван Андреевич**

Аспирант. Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, Москва.

E-mail: vaniel2000@mail.ru

Ключевые слова: энергетический переход, газохимия, сырьевая база, декарбонизация, децентрализация, цифровизация, углеродоемкость, региональная дивергенция.

Данная статья нацелена на всесторонний анализ влияния энергетического перехода на сырьевую базу газохимии, рассматриваются как вызовы, так и возможности, порождаемые этим трансформационным процессом. Основные выводы статьи свидетельствуют о потенциале возникновения новой, более гибкой и дифференцированной парадигмы сырьевого обеспечения газохимии, способной к технологической адаптации.

Введение

В последние годы проблематика энергетического перехода прочно занимает одно из ведущих мест в дискуссиях касательно образа будущего мировой экономики. Энергетический переход – это комплексный процесс, характеризующийся структурными изменениями в энергетической системе, направленный на снижение зависимости от ископаемого топлива и переход к низкоуглеродным и возобновляемым источникам энергии.

Этот глобальный тренд оказывает глубокое и многогранное воздействие на различные отрасли экономики, в том числе на газохимию – отрасль, чья сырьевая база традиционно тесно связана с нефтегазовым сектором.

Актуальность исследования воздействия энер-

гетического перехода на сырьевую базу газохимии обусловлена системной трансформацией мировой экономики, движущейся по низкоуглеродной траектории. Четвертый энергетический переход создает принципиально новые условия функционирования для традиционно углеводородозависимой газохимической отрасли.

Комплексный анализ возникающих рисков и новых возможностей является критически важным для формирования адаптивных стратегий развития, обеспечивающих устойчивость и конкурентоспособность газохимии в условиях изменения энергетического ландшафта.

Ключевые тренды энергетического перехода и его влияние на газохимию

В отличие от предыдущих этапов развития мировой энергетики, четвертый энергетический

переход характеризуется более комплексной системной трансформацией, основанной на нескольких взаимосвязанных трендах и зависящих от совокупности экономических, технологических, политических и институциональных факторов [7].

Можно выделить основные тенденции этого процесса, формирующие определенное давление и вызовы для сырьевой базы газохимии:

1. Сокращение добычи и потребления ископаемых видов топлива.

Национальные и международные климатические цели, такие как Парижское соглашение, стимулируют отказ от использования угля, нефти и в долгосрочной перспективе от применения природного газа в качестве первичных источников энергии.

Это будет способствовать снижению объемов доступного для газохимии сырья; росту цен на углеводороды (ограничение предложения при сохраняющемся или растущем спросе может привести к увеличению стоимости этана, пропана, бутана и нефти); усилению конкуренции на сырьевом рынке (газохимические компании будут вынуждены конкурировать с энергетическим сектором за ограниченные объемы углеводородов).

2. Рост доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Солнечная, ветровая энергия, гидроэнергетика и другие ВИЭ становятся все более конкурентоспособными и широкомасштабными, что оказывает косвенное, но значительное влияние на развитие энергетики. Повышение доли электроэнергии может сократить спрос на природный газ и нефтепродукты в секторах, которые традиционно его использовали (например, отопление, транспорт). Это, в свою очередь, может повлиять на доступность сопутствующих углеводородов.

Кроме того, применение «зеленого» водорода, произведенного электролизом воды с использованием ВИЭ, становится альтернативой «серому» водороду, получаемому из природного газа. Это может снизить спрос на природный газ для производства аммиака

и метанола.

3. Развитие технологии улавливания, использования и хранения углерода (CCUS).

Такая технология позволяет улавливать CO_2 , выделяющийся при сжигании ископаемого топлива, использовать его или безопасно хранить. Это может частично смягчить экологическое воздействие традиционных источников сырья, но требует значительных инвестиций и не является доминирующим решением на данный момент.

4. Циркулярная экономика и управление отходами.

Переход к циркулярной экономике стимулирует повторное использование материалов и сокращение образования отходов. Это может привести к механической и химической переработке пластиковых отходов. Появление новых технологий, позволяющих перерабатывать пластик обратно в мономеры или сырьевые потоки для крекинга, может создать альтернативный источник углеводородов.

Наряду с перестройкой топливно-энергетического баланса в пользу увеличения доли ВИЭ происходит децентрализация энергетических рынков. Это проявляется в переходе от модели централизованных единых энергосистем к распределенной генерации, а в контексте газового рынка – в упрощении доступа к ресурсам за счет расширения торговли сжиженным природного газа (СПГ). Одним из ключевых условий, обеспечивающих уже достигнутые результаты и возможность дальнейшей трансформации энергетического ландшафта, является технологическое развитие и внедрение инноваций.

Масштабная цифровизация позволяет достичь высокого уровня энергоэффективности, в том числе за счет оптимизации спроса и предложения в реальном времени, прогнозного обслуживания оборудования и минимизации потерь. Совокупное действие трех трендов (декарбонизации, децентрализации, цифровизации) оказывает влияние на функционирование газохимической отрасли.

Традиционно, сырьем для газохимической промышленности служат углеводороды, получаемые из нефти и природного газа: природный газ (этан, пропан, бутан - легкие углеводороды); нефтяные фракции (нафта, сжиженные углеводородные газы и газойли); сухой газ (остаточный газ после удаления ценных углеводородов из природного газа).

Доступность и цена этих углеводородов напрямую влияют на конкурентоспособность и рентабельность газохимических производств. Развитие технологий добычи, таких как гидроразрыв пласта (фрекинг), привело к увеличению предложения сланцевого газа и, как следствие, к повышению доступности этана в ряде регионов, что стимулировало строительство новых газохимических мощностей.

Анализ комплексного воздействия сопутствующих энергетическому переходу трансформационных процессов на положение и статус природного и попутного нефтяного газа в будущей структуре мировой промышленности и энергетики позволяет определить потенциальные траектории и особенности развития газохимической отрасли в средне- и долгосрочной перспективе.

Декарбонизация

Увеличение роли возобновляемых источников энергии, как и реализация инициатив, направленных на снижение углеродного следа, оказывают на сырьевую базу газохимии комплексное и разнонаправленное воздействие, преобразуя как экономику добычи, так и технологические требования к переработке.

Одним из наиболее значимых аспектов энергетического перехода является масштабное перераспределение инвестиционного капитала в пользу ВИЭ-проектов, что в свою очередь создает риск структурного недоинвестирования в газодобычу. Так, в 2014–2024 гг. средний темп роста ежегодных инвестиций в возобновляемую энергетику достиг 10,7%, в то время как аналогичный показатель газового upstream-сектора составил -2,5%. Такая тенденция может привести к долгосрочному ограничению предложения

и повышению волатильности цен на газовое сырье, несмотря на прогнозируемый рост спроса на него со стороны химической отрасли [3].

Вместе с этим сравнительно низкая углеродоемкость газохимических производств становится их ключевым стратегическим преимуществом в эпоху декарбонизации. В частности, в ходе сравнительного анализа модели жизненного цикла (cradle-to-gate) различных технологий производства олефинов установлено, что потребление энергии и суммарные выбросы парниковых газов при синтезе метанола из природного газа и его последующего преобразования в олефины примерно эквивалентны таковым при крекинге олефинов из нефти. А при повышении энергоэффективности производственного процесса на основе природного газа с текущих 54% до 63%, выбросы парниковых газов в течение всего жизненного цикла сократятся на 12,9%, составив 80% от суммарного объема выбросов при производстве олефинов из нефти [8].

С учетом относительной новизны данной технологии и повышения энергоэффективности производственного процесса за счет системной интеграции, природный газ в перспективе может занять лидирующие позиции в качестве ключевого сырья для производства базовых полимеров в условиях ужесточающегося углеродного регулирования, например, такого как действующий на территории ЕС механизм трансграничного углеродного регулирования (CBAM – Carbon Border Adjustment Mechanism) [13].

Более того, сам по себе сухой природный газ сохраняет статус наиболее доступного и рентабельного сырья для производства критически важных низкоуглеродных энергоносителей и химических продуктов переходного периода. Прогнозируемый значительный рост потребления метанола (как сырья для химии и низкоуглеродного бункерного топлива), аммиака (как основы азотных удобрений и перспективного энергоносителя), а также водорода [4], позиционируемого в качестве ключевого энергоносителя низкоуглеродной экономики, в перспективе напрямую зависит от доступности дешевого метана.

Химическая переработка метана с применением технологий улавливания и хранения углерода (CCUS) позволяет получать так называемую «голубую» продукцию с гораздо меньшим углеродным следом. Высокая стоимость безуглеродных альтернатив, получаемых методом электролиза воды и дальнейшей переработки полученного «зеленого» водорода, не позволит конкурировать с «голубыми» продуктами газохимии на горизонте ближайших нескольких лет [5].

Одновременно декарбонизация кардинально меняет статус попутного нефтяного газа (ПНГ), переводя его из разряда побочного продукта нефтедобычи в стратегическое сырье для газохимической отрасли. Глобальные инициативы по прекращению рутинного факельного сжигания, например, инициатива Всемирного банка (Zero Routine Flaring by 2030), поддержанная более чем 34 странами, на долю которых приходится около 60% всего мирового сжигания попутного газа, вместе с ужесточением регулирования выбросов метана обуславливают увеличение полезного использования ПНГ и снижение интенсивности его сжигания.

На сегодняшний день альтернативами сжиганию ПНГ могут выступать обратная закачка в нефтеносные пласты для повышения нефтеотдачи, направление газа в газотранспортную систему или использование в качестве топлива на объектах распределенной генерации, а также переработка разной степени глубины в продукты газохимии [12].

Определенным препятствием для использования ПНГ в качестве сырья для газохимической отрасли может стать отсутствие соответствующей транспортной инфраструктуры и высокие капитальные затраты, однако для ряда нефтегазовых проектов с определенными условиями функционирования данное решение может быть наиболее эффективным с точки зрения экономической целесообразности [10].

Таким образом, в условиях декарбонизации природный газ с большей долей вероятности сохранит статус ключевого элемента сырьевой базы

газохимии. Однако его долгосрочная конкурентоспособность на фоне развития и удешевления технологий производства безуглеродных источников энергии и сырья будет жестко обусловлена способностью отрасли минимизировать собственный углеродный след. Это может потребовать обязательного внедрения комплексных мер, включая повсеместное развертывание систем CCUS на крупных газохимических комплексах, гибридная или полная электрификация процессов за счет ВИЭ, а также внедрение передовых технологий мониторинга и ликвидации утечек метана LDAR (Leak Detection and Repair) по всей цепочке – от скважины до завода. При этом возможна дифференциация сырьевой базы на «углеродно-нейтральные» потоки с верифицированно низкими выбросами на протяжении всего жизненного цикла, пользующиеся рыночной премией, и традиционные потоки, которые будут подвержены растущим регуляторным и финансовым рискам.

Децентрализация

Тренд на децентрализацию, проявляющийся в двух ключевых формах – взрывном росте глобальной торговли СПГ и стремительном развитии распределенной генерации на основе ВИЭ, оказывает структурное и преимущественно позитивное влияние на доступность, качество и экологичность сырьевой базы газохимии.

Рост рынка СПГ, достигший рекордных 411,2 млн тонн в 2024 году [6], кардинально меняет исторически сложившуюся парадигму жесткой географической привязки газохимических мощностей к источникам сырья. Мобильность СПГ позволяет формировать новые глобальные цепочки поставок газохимического сырья, что ведет к снижению порога входа в отрасль и сокращению себестоимости конечной продукции за счет доступа к наиболее конкурентоспособным по цене ресурсам. Безусловно, это не решает в полной мере проблему привязки газохимических производств к соответствующей инфраструктуре, в данном случае регазификационной и логистической. Однако этот процесс способствует увеличению гибкости поставок и создает предпосылки для появления новых газохимических

кластеров, расположенных в стратегических логистических узлах (например, на побережье Мексиканского залива, в Северо-Западной Европе или Восточной Азии). В результате это может способствовать усилению глобальной конкуренции и оптимизации размещения производств относительно рынков сбыта полимеров, значительно сокращая затраты на логистику.

Вместе с этим, дальнейшее увеличение доли распределенной генерации на основе ВИЭ в рамках тренда на децентрализацию энергетических систем способно оказать существенное влияние на углеродный профиль сырьевой базы. Использование «зеленого» электричества для энергоснабжения объектов добычи, подготовки, транспортировки и переработки ПГ и ПНГ (например, для работы электроприводных компрессоров, насосных станций и технологических установок) позволяет существенно снизить косвенные выбросы (Score 2), являющиеся значимой частью углеродного следа сырья. Данный подход уже реализуется в таких проектах, как планируемый в Омане завод Marsa LNG, который будет полностью работать на солнечной энергии [9].

Таким образом, децентрализация энергоснабжения дает возможность производить и использовать сырье с верифицированно уменьшенным углеродным следом, спрос на которое будет расти со стороны экологически чувствительных рынков и потребителей, соблюдающих ESG-стандарты. В сочетании эти два тренда – глобализация поставок через СПГ и локализация «зеленой» энергогенерации – формируют новую модель сырьевого обеспечения газохимии – более гибкую, диверсифицированную и адаптивную к климатическим требованиям.

Цифровизация

Цифровизация производства, как один из характерных трендов последних лет, которая также рассматривается как ключевой инструмент повышения энергоэффективности, оказывает многоуровневое воздействие на сырьевую базу газохимии, влияя как на доступность ресурсов,

так и на принципы и подходы к их оценке и использованию.

Объем рынка цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли увеличится на 56,4 млрд долл. (при прогнозируемом среднегодовом темпе роста в 14,5% в 2024-2029 гг. [1]).

Внедрение передовых цифровых технологий – от искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа сейсмических данных до цифровых двойников месторождений и технологических установок – кардинально повышает эффективность геологоразведки и добычи. Это не только упрощает доступ к трудноизвлекаемым запасам, но и позволяет снизить капитальные и операционные затраты за счет оптимизации бурения, прогнозного обслуживания оборудования и минимизации простоев.

По оценке McKinsey, эффективное использование цифровых технологий в нефтегазовом секторе способно сократить капитальные затраты до 20% и операционные расходы в upstream на 3–5% [11]. В контексте газохимии это означает снижение себестоимости сырья на устье скважины, что критически важно для сохранения конкурентоспособности в условиях растущих издержек.

Помимо этого, цифровизация несет в себе потенциал к обеспечению более четкого контроля за углеродным следом производимой продукции. Внедрение систем автоматического мониторинга выбросов метана на основе спутниковых данных (например, платформа MethaneSAT), датчиков IoT и блокчейн-платформ для верификации данных (проекты MiQ, OGMP 2.0) позволяет создать «цифровой паспорт» каждой партии природного газа или ПНГ с указанием значения углеродоемкости.

Внедрение цифровых инструментов способно создать среду, в которой сырье из относительно однородного товара превращается в дифференцированный продукт, где «зеленый» газ с верифицированно низкими выбросами может торговаться с премией в контуре чувствительных к ESG-факторам рынков газохимической

продукции, например, на европейском рынке. В то же время, как и в случае с декарбонизацией, цифровизация усугубляет технологическое неравенство и регионализацию сырьевой базы.

Крупные международные корпорации и развитые добывающие регионы (Северная Америка, Европа, частично Ближний Восток) получают доступ к передовым цифровым инструментам, усиливая свою конкурентоспособность, в то время как многие ресурсобладающие страны с менее развитой цифровой инфраструктурой и человеческим капиталом (страны Африки, Центральной Азии) рискуют оказаться в уязвимом положении поставщиков «грязного», неоцифрованного сырья, спрос на которое в долгосрочной перспективе будет падать.

Таким образом, помимо того, что процессы цифровизации оптимизируют издержки и повышают доступность существующей сырьевой базы газохимии, они также создают предпосылки для усиления регуляторного контроля и дополнительной дифференциации сырьевых потоков в зависимости от их происхождения и углеродного профиля. Для газохимической отрасли это означает, что в будущем устойчивость будет обеспечиваться не только объемом доступных ресурсов природного газа и ПНГ, но и способностью всей цепочки – от скважины до производства – генерировать, верифицировать и использовать точные цифровые данные об углеродном следе, энергоэффективности и происхождении сырья.

Перспективы развития газохимии в условиях энергетического перехода

Четвертый энергетический переход является необратимым системным процессом, последствия которого уже оказывают воздействие на газохимическую отрасль. Данный тезис подтверждает динамика глобального индекса энергетического перехода, разработанного Всемирным экономическим форумом (WEF) для оценки прогресса в этой области с точки зрения надежности и эффективности энергосистем 115 стран мира и их готовности к внедрению ВИЭ.

Анализ изменения глобального индекса энергетического перехода и его субиндексов за 2016–2025 годы демонстрирует устойчивость происходящей трансформации мировой энергетики и сохранение системного вектора движения в сторону энергоперехода [2].

На основе проведенного исследования, можно выделить следующие перспективные стратегические направления развития сырьевой базы газохимии в эпоху энергетического перехода:

- Интеграция производственных кластеров, получение синергетического эффекта от сотрудничества энергетических предприятий, производящих ВИЭ, установок по переработке отходов и газохимических заводов.
- Внедрение цифровых технологий в производственный процесс, в управлении цепочками добавленной стоимости, в прогнозировании спроса и предложения.
- Расширение взаимодействия между добывающими компаниями, переработчиками отходов, производителями энергии из ВИЭ и конечными потребителями.
- Увеличение инвестиций в НИОКР для развития новых технологий в газохимии (катализа, электрохимии, биоконверсии, переработки полимеров).
- Внедрение альтернативных источников сырья:
 - а) биосырье (биоэтанол, биомасла, биогаз, биогенные эфиры, полученные из биомассы);
 - б) переработанное сырье, отходы (пиролиз и газификация пластиковых отходов, разлагающихся полимеры на мономеры, олигомеры) – ключевой элемент циркулярной экономики;
 - в) синтетическое сырье (синтез-газ – универсальный строительный блок для производства метанола, синтетического топлива и олефинов).
- Создание благоприятной регуляторной среды, стимулирующей инвестиции в «зеленые» технологии и инфраструктуру.
- Привлечение высококвалифицированных специалистов и обучение персонала для работы с альтернативным сырьем и новыми технологиями.

Заключение

Взаимодействие ключевых трендов текущего энергетического перехода – декарбонизации, децентрализации и цифровизации – оказывает комплексное и многоуровневое влияние на экономику добычи и использования природного газа и попутного нефтяного газа, а также формирует новую парадигму сырьевого обеспечения газохимии, характеризующуюся двумя фундаментальными сдвигами. Так, природный газ сохраняет статус критически важного сырья для газохимической промышленности в среднесрочной перспективе, однако перед отраслью стоит задача обеспечения повсеместного внедрения технологий улавливания углерода для производства «голубых» продуктов (водород, аммиак) и минимизации выбросов парниковых газов по всей цепочке создания стоимости.

Это необходимый шаг для успешной конкуренции с новыми безуглеродными источниками сырья (биометан, «зеленый» водород), за счет которых происходит диверсификация сырьевой базы газохимической отрасли и формируются новые гибридные цепочки создания стоимости, дополняющие традиционную газохимию.

Таким образом, главным императивом для устойчивого развития газохимической отрасли в эпоху энергоперехода становится не только доступ к физическим объемам сырья, что, безусловно, также немаловажно, но и способность операторов гибко адаптироваться к новым требованиям. Это подразумевает создание гибких, технологически сложных цепочек, способных комбинировать ископаемые и возобновляемые ресурсы,

обеспечивать полную прозрачность углеродного следа и снижение эмиссии парниковых газов на протяжении всего жизненного цикла продукции, а также адаптировать продуктовый портфель и логистику к специфике региональных рынков сбыта. Успех в новой реальности будет принадлежать тем, кто сможет превратить вызовы энергетического перехода в источник стратегического конкурентного преимущества.

Энергетический переход представляет собой фундаментальный сдвиг, который неизбежно трансформирует сырьевую базу газохимии. Традиционная зависимость от ископаемого топлива будет постепенно снижаться, уступая место более разнообразным и устойчивым источникам, таким как биосырье, переработанные отходы и синтетические реагенты, полученные с использованием ВИЭ.

Перед газохимической промышленностью стоят серьезные вызовы, связанные с волатильностью цен, конкуренцией за ресурсы и необходимостью значительных инвестиций в новые технологии.

Однако эти вызовы одновременно открывают беспрецедентные возможности для инноваций, диверсификации, укрепления позиций в рамках циркулярной экономики и создания более устойчивой и конкурентоспособной отрасли. Успех газохимии в эпоху энергетического перехода будет зависеть от ее способности адаптироваться, внедрять новые технологии, строить прочные партнерские отношения и активно участвовать в формировании нового, низкоуглеродного будущего.

Библиографический список

1. Digital Transformation in Oil and Gas Industry Market Size to Grow by USD 56.4 Billion from 2024 to 2029. AI's Role in Industry Evolution / Technavio. – 2025. – 158 p.
2. Fostering Effective Energy Transition 2025 Report / World Economic Forum. – 2025. – URL: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2025.pdf.
3. Global Gas Outlook 2050 / Gas Exporting Countries Forum. – 2025. – P. 8–6. – URL: https://www.gecf.org/Portals/0/xBlog/uploads/2025/5/14/gecf_ggo2024_9th_edition.pdf.
4. Global Gas Report 2025 Edition / International Gas Union. – URL: <https://www.datocms-assets.com/146580/1757434375-ggr-2025.pdf>.
5. Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal / International Renewable Energy Agency. – 2020.
6. International Gas Union. – URL: <https://www.datocms-assets.com/146580/1763396210-1747916410-igu-world-lng-report-2025.pdf>.

7. *Laird F. N.* Against transitions? Uncovering conflicts in changing energy systems // *Science as Culture*. – 2013. – Vol. 22/2. – P. 149–156.
8. Life cycle assessment of energy consumption and GHG emissions of olefins production from alternative resources in China / D. Xiang [et al.]; *Energy Conversion, Management*. – 2015. – P. 12–20.
9. Oman: TotalEnergies launches the Marsa LNG project and deploys its multi-energy strategy in the Sultanate of Oman / TotalEnergies. – 2024. – URL: https://totalenergies.com/system/files/documents/2024-04/PR_Oman_TotalEnergies_launches_Marsa_LNG_project_pdf.pdf.
10. *Riadinskaia A., Cherepovitsyna A.* Associated Petroleum Gas Utilization: New Opportunities for the Oil and Gas Complex in a Circular Economy. / *E3S Web of Conferences*. – 2023.
11. The next frontier for digital technologies in oil and gas / H. Choudhry [et al.]; McKinsey. – 2016. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/the-next-frontier-for-digital-technologies-in-oil-and-gas>.
12. *Wen Y., Xia J., Peng J.* The effects of the “Zero Routine Flaring by 2030” initiative: International comparisons based on generalized synthetic control method / *Environmental Impact Assessment Review*. Vol. 100. – 2023. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925523000616>.
13. *Wróblewskaa M., Zmitrowiczb M.* Carbon Border Adjustment Mechanism as proposed EU regulation to combat climate change / *Interaction of law, economics: sustainable development*. – 2024. – P. 260–269.