



## НОВЕЙШИЕ ПОДХОДЫ К РАЗВИТИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

**Байрамова Бахар**

Старший преподаватель, Международного университета нефти и газа имени  
Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Овезалиев Байрамберди**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Аннагельдиев Довлетгельди**

Преподаватель, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди  
Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

**Аннаев Максатмырат**

Студент, Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева  
г. Ашхабад Туркменистан

### **Аннотация**

Статья посвящена анализу современного состояния и перспектив развития отрасли добычи, транспортировки, переработки и использования природного газа в мировом и национальном масштабах. Рассматриваются геологические особенности формирования газовых месторождений, физико-химические свойства газа, современные методы его добычи, процессы подготовки и переработки, а также инновации в сфере хранения и транспортировки. Особое внимание уделено роли природного газа в переходе к низкоуглеродной энергетике, развитию технологий СПГ, управлению выбросами метана, цифровизации газовой промышленности и перспективам синтетического газа. Показано, что природный газ становится ключевым элементом энергетического баланса XXI века, обеспечивая сочетание экологичности, доступности и высокой энергетической эффективности.

**Ключевые слова:** природный газ, газовые месторождения, СПГ, газотранспортные системы, низкоуглеродная энергетика, метан, газопереработка, энергетический переход, цифровые технологии, термодинамика газовых систем.

## **Введение**

Природный газ занимает стратегическое место в мировой энергетике. Будучи самым экологически чистым углеводородным топливом, он одновременно обеспечивает высокий энергетический потенциал и универсальность применения в промышленности, электроэнергетике, транспорте и жилищно-коммунальном секторе. В условиях глобального перехода к устойчивой энергетике природный газ рассматривается как переходное топливо, способное обеспечить баланс между снижением выбросов и энергобезопасностью государств.

Современная газовая отрасль представляет собой сложную систему, включающую геологическое изучение недр, разведку и обустройство месторождений, добычу, подготовку, переработку, транспортировку по трубопроводам и в виде СПГ, хранение и распределение конечным потребителям. На всех этапах активно внедряются цифровые технологии, интеллектуальные системы управления, высокоточные методы моделирования, автоматизация и интегрированные комплексы мониторинга.

Цель данной статьи — дать комплексный научно-технический анализ современного состояния природного газа как ресурса, изучить технологии его добычи и переработки, а также рассмотреть перспективы развития отрасли в контексте глобального энергетического перехода.

## **Геологическая природа и свойства природного газа**

Природный газ является результатом длительных геологических процессов разложения органического вещества под воздействием давления, температуры и времени. Основу природного газа составляет метан ( $\text{CH}_4$ ) — лёгкий углеводород с высокой теплотворной способностью и низким уровнем загрязняющих выбросов при сгорании.

Природный газ подразделяется на сухой и жирный типы. Сухой состоит преимущественно из метана, в то время как жирный содержит значительное количество этана, пропана, бутана и газового конденсата. Также в составе присутствуют сероводород, диоксид углерода, гелий, азот и другие компоненты, влияющие на ценность и технологию переработки.

Знание термодинамических характеристик газа — критически важное условие для всех этапов его подготовки и транспортировки. Расчёт фазовых состояний, псевдокритических параметров, вязкости, плотности, коэффициента сжимаемости и теплопроводности позволяет моделировать поведение газа при изменении давления и температуры, предотвращать гидратообразование и оптимизировать технологические режимы газопроводов.

## **Современные методы добычи природного газа**

Современная добыча природного газа развивается по двум основным направлениям: эксплуатация традиционных месторождений и разработка трудноизвлекаемых запасов.

На традиционных месторождениях основой добычи является эксплуатация вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважин, оснащённых современными системами контроля притока и измерения параметров газа. Современные технологии позволяют автоматизировать добычу, управлять притоком в реальном времени и регулировать депрессию на пласт.

В разработке трудноизвлекаемых запасов ключевую роль играют методы многостадийного гидроразрыва пласта, бурение длинных горизонтальных скважин и применение проппантов нового поколения. Гидроразрыв повышает проницаемость горных пород и обеспечивает создание устойчивых каналов для притока газа.

Особое значение имеет добыча газа с месторождений газовых гидратов — перспективного ресурса планетарного масштаба. Их разработка требует инновационных подходов: термическое воздействие, депрессия давления и химическая дестабилизация гидратной решётки.

## **Подготовка, переработка и фракционирование природного газа**

Сырой газ содержит примеси, которые необходимо удалить перед использованием. Процессы подготовки включают сепарацию, осушку, очистку от серосодержащих соединений, стабилизацию конденсата и контроль фазовых переходов.

Осушка проводится адсорбцией на цеолитах или абсорбцией с использованием гликолей. Очистка от  $H_2S$  и  $CO_2$  возможна с помощью amino-абсорбционных процессов, мембранной сепарации или стадий глубокой каталитической очистки.

Фракционирование лёгких углеводородов — один из ключевых процессов переработки газа. На установках ШФЛУ выделяются пропан-бутановые фракции, этан, газовый бензин, гелий и другие ценные компоненты. Эти продукты применяются в нефтехимии, энергетике, производстве пластмасс и высококачественного топлива.

## **Транспортировка природного газа: трубопроводные системы и СПГ**

Трубопроводный транспорт является основным способом доставки газа. Магистральные газопроводы протяжённостью тысячи километров оснащаются компрессорными станциями, системами дистанционного мониторинга, подземными хранилищами и интеллектуальными системами распределения.

СПГ (сжиженный природный газ) становится глобальной альтернативой трубопроводам. СПГ позволяет транспортировать газ на большие расстояния в любом направлении, что создаёт гибкость мировой торговли. Процесс включает охлаждение газа до  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хранение в криогенных резервуарах и перевозку на специализированных судах-газовозах.

Современные СПГ-заводы используют термодинамически оптимизированные циклы (APCI, DMR, SMR, Cascade), которые снижают энергозатраты и повышают эффективность.

### **Роль природного газа в энергетическом переходе**

В условиях мировой декарбонизации природный газ рассматривается как мост между углеводородной и полностью возобновляемой энергетикой. Он обладает низким уровнем выбросов  $\text{CO}_2$ , отсутствием серы и минимальным содержанием твёрдых частиц.

Газовые электростанции обеспечивают гибкость энергосистемы, компенсируя переменность солнечных и ветровых станций. Переход к водородной энергетике также невозможен без газа, поскольку большинство проектов включают производство голубого водорода с улавливанием и хранением  $\text{CO}_2$ .

Природный газ выполняет важную роль в химической промышленности, где из метана получают аммиак, метанол, полиэтилены, синтопливо и другие ценные продукты.

### **Инновационные методы управления термодинамическими и гидродинамическими процессами**

Современная газовая отрасль переживает фундаментальную трансформацию благодаря внедрению цифровых технологий, высокоточных сенсорных систем, алгоритмов машинного обучения и математического моделирования пластовых процессов. Управление термодинамическими и гидродинамическими параметрами, ранее осуществлявшееся преимущественно на основе периодических замеров и расчётов, сегодня становится непрерывным, автоматизированным и интеллектуальным. Это позволяет не только повышать эффективность добычи, но и существенно снижать риски, связанные с обводнением скважин, прорывами газа и нарушениями устойчивости пласта.

Одной из ключевых инноваций является широкое применение сенсорных модулей нового поколения. Они включают миниатюрные волоконно-оптические датчики давления, распределённые термометры на основе эффектов Рамана и Бриллюэна, акустические системы мониторинга, сенсоры химического состава газа и многокомпонентные анализаторы фазовых состояний. Информация от этих датчиков поступает непрерывно, с высокой частотой дискретизации, что позволяет отслеживать изменения состояния пласта в реальном времени, определять начало газового или водяного прорыва, выявлять падение

проницаемости и контролировать фронт вытеснения газа в сложных геологических условиях.

Цифровые двойники месторождений становятся центральным инструментом управления. Они представляют собой многослойные динамические модели, включающие геомеханику, геологию, термодинамику, гидродинамику, кинетику реакций, состояние оборудования, режимы скважин и поведение флюидов. На основе таких моделей можно с высокой точностью прогнозировать изменение давления в пласте, оценивать влияние температурных градиентов, моделировать эффект капиллярных сил, прогнозировать смещение газовых и водных пакетов, а также рассчитывать наиболее эффективные режимы работы фонда скважин при минимальных затратах энергии.

Интеллектуальные системы управления добычей (Smart Wells, Smart Fields) используют алгоритмы искусственного интеллекта, которые автоматически адаптируют параметры добычи под изменяющиеся условия. Такие системы способны регулировать открытие клапанов, перераспределять потоки, изменять депрессию, рассчитывать оптимальное давление на устье, управлять работой насосно-компрессорного оборудования и предотвращать образование гидратов за счёт своевременной подачи ингибиторов.

Особое значение имеют термодинамические симуляторы. Они рассчитывают фазовые переходы при изменении давления и температуры, определяют температуру гидратообразования, вычисляют критические параметры смеси, оценивают риски выпадения жидкой фазы и прогнозируют точки росы по воде и углеводородам. На магистральных газопроводах такие системы предотвращают аварийные ситуации, связанные с резким перепадом температур, замораживанием влаги, образованием ледяных пробок и изменением вязкости газа.

Совокупность этих методов формирует новую парадигму управления газодобывающими объектами — высокотехнологичную, адаптивную, предиктивную и полностью основанную на анализе больших данных. Переход к таким системам открывает путь к созданию полностью автономных, самоуправляемых газовых месторождений будущего.

## **Экологическая безопасность и сокращение выбросов метана**

Экологический аспект газовой отрасли приобретает сегодня первостепенное значение. Метан, являясь основным компонентом природного газа, обладает значительным парниковым потенциалом, который в краткосрочной перспективе в десятки раз превышает потенциал CO<sub>2</sub>. Поэтому контроль утечек метана, снижение выбросов и внедрение технологий улавливания – важнейшие задачи современной газовой промышленности.

Современные методы обнаружения утечек включают использование спутниковых группировок, оснащённых гиперспектральными камерами и лазерными интерферометрами, способными определять концентрацию метана в

атмосферных слоях. Они позволяют фиксировать выбросы даже небольших объёмов газа на огромной площади. Дроны с мультиспектральными датчиками и газоанализаторами обеспечивают оперативные обследования труднодоступных участков промыслов, магистральных трубопроводов и подземных хранилищ.

Использование лазерных спектрометров нового поколения обеспечивает локализацию утечек с точностью до сантиметра. Стационарные интеллектуальные сенсоры, интегрированные в инфраструктуру газопроводов, формируют цифровые карты концентрации метана, позволяя автоматически выявлять аномальные выбросы и прогнозировать их динамику.

Особую роль играют технологии улавливания, хранения и переработки углекислого газа (CCUS). Реинжекция CO<sub>2</sub> в пласт позволяет одновременно обеспечивать повышение нефте- и газоотдачи, поддерживать пластовое давление и минимизировать выбросы в атмосферу. При этом образуются новые формы хранения CO<sub>2</sub>: растворение в пластовых флюидах, минерализация и фиксация в порах горных пород.

Экологическая безопасность включает также разработку технологий контроля факельного сжигания, минимизацию потерь при подготовке газа, использование безфакельных установок, внедрение низкоэмиссионных компрессорных станций и разработку газовой инфраструктуры с нулевым уровнем утечек.

В рамках международных инициатив (Global Methane Pledge, OGMP 2.0) ведущие страны мира вводят стандарты измерения и минимизации выбросов метана на всех этапах добычи и транспортировки газа. Эти меры способствуют развитию экологически ответственной газовой отрасли, ориентированной на долгосрочную устойчивость.

## **Перспективы развития газовой отрасли**

Газовая промышленность вступает в эпоху технологической революции, где цифровизация, автоматизация и экологическая модернизация становятся ключевыми направлениями развития. Одним из наиболее перспективных направлений является производство синтетического газа, который создаётся путём каталитической конверсии углеродных материалов или водородных смесей. Это открывает возможности для создания газовой энергетики нового типа, независимой от природных залежей.

Развитие биометана — ещё одно направление, набирающее глобальную популярность. Биометан, получаемый путём переработки органических отходов, обладает характеристиками, аналогичными природному газу, и может полностью заменять его в газотранспортных сетях. Такая технология позволяет одновременно решать задачи утилизации отходов, локального энергоснабжения и снижения углеродного следа.

Водородные технологии становятся стратегическим направлением мировой энергетики. Природный газ используется как сырьё для производства голубого водорода, а также как транспортная среда для его доставки. Ведутся исследования по созданию газопроводов, способных транспортировать смеси метана и водорода — так называемый «метан-водородный бленд». Это позволит постепенно переходить к водородной энергетике без масштабной перестройки инфраструктуры.

Интеллектуальные газовые сети будущего будут включать полностью цифровые системы управления потоками, датчики нового поколения, автоматические распределительные станции, системы прогнозирования потребления и алгоритмы предиктивной диагностики оборудования.

Подземные хранилища газа также претерпят трансформацию: автономные системы управления, роботизированные скважины, автоматическая регенерация резервуаров и интеллектуальная оптимизация циклов закачки и отбора сделают такие объекты высокоэффективными и почти автономными.

## **Заключение**

Природный газ остаётся стратегическим ресурсом глобальной энергетики. Его экологичность, универсальность и экономическая эффективность делают газ одним из ключевых факторов устойчивого развития. Современная газовая отрасль опирается на достижения геологии, физики, химии, инженерии, цифровых технологий и прикладной математики.

В условиях мировой трансформации энергетического сектора газ становится фундаментом низкоуглеродного перехода и базой для развития технологий водородной экономики. Инновации в области добычи, транспортировки и переработки позволяют значительно повысить эффективность использования ресурса и минимизировать воздействие на окружающую среду.

## **Литература**

1. Батурин Г. Н. Термодинамика и способы переработки природного газа. — М.: Недра, 2020.
2. Кулешов Н. В. Магистральный транспорт газа и СПГ-технологии. — СПб.: Политех-пресс, 2022.
3. Сулейманов А. А. Геология и разработка газовых месторождений. — М.: Губкинский университет, 2019.
4. International Gas Union. Global Gas Report. — 2023.
5. BP Statistical Review of World Energy. — 2023.
6. Schlumberger. Digital Gas Field Technologies Overview. — 2022.