

Елифанова Виктория Дмитриевна, студент,
Санкт-Петербургский Горный
Университет императрицы Екатерины II

Сермягина Екатерина Алексеевна, студент,
Санкт-Петербургский Горный
Университет императрицы Екатерины II

Миронов Арсентий Алексеевич, студент
Санкт-Петербургский Горный
Университет императрицы Екатерины II

Кулюкин Егор Игоревич, студент,
Санкт-Петербургский Горный
Университет императрицы Екатерины II

ФАКЕЛЬНОЕ СЖИГАНИЕ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РОССИИ

Аннотация. Факельное сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) представляет собой сложную техногенную проблему, сохраняющую высокую актуальность для топливно-энергетического комплекса России. Основной объем ПНГ сжигается из-за недостатка инфраструктуры для его сбора и переработки, что приводит к значительным экономическим и экологическим потерям. В данном обзоре рассмотрены альтернативные методы утилизации ПНГ.

Ключевые слова: Попутный нефтяной газ (ПНГ), факельное сжигание, утилизация, нефтехимические кластеры, углеводородное сырьё.

Введение. Факельное сжигание, широко используемое в нефтегазовой отрасли, представляет собой процесс сжигания попутного газа и других углеводородов на поверхности, что позволяет, на первый взгляд, минимизировать негативное воздействие на окружающую среду в условиях отсутствия технологической возможности его переработки или утилизации. Но данный процесс является источником эмиссии парниковых газов, полициклических ароматических углеводородов, а также сажи, что влечет к ухудшению качества атмосферного воздуха и экологической ситуации в регионах, а также приводит к климатическим изменениям на глобальном уровне.

Поэтому разработка альтернативных методов утилизации попутного газа становится крайне необходимой мерой. Настоящая работа нацелена на исследование существующих и перспективных альтернативных методов, которые могут стать эффективной заменой факельному сжиганию.

Основная часть.

Причины низкой утилизации ПНГ в России. По оценкам, в России сжигается около 30% добываемого ПНГ, тогда как в развитых странах уровень утилизации достигает 90–95% [1]. Среди основных факторов, препятствующих рациональному использованию газа, выделяются отсутствие сформированных рынков сбыта, высокие капитальные затраты на сбор, подготовку и транспортировку, а также несовершенство нормативно-правовой базы. Отмечается, что эффективное решение проблемы требует комплексного подхода к освоению месторождений, учитывающего как добычу нефти, так и утилизацию ПНГ, с выбором экономически обоснованных вариантов [2].



Технологии сбора, подготовки и компримирования газа. Для вовлечения ПНГ в хозяйственный оборот необходима его подготовка к транспортировке или использованию. Одним из распространённых инженерных решений являются газодожимные компрессорные станции (ДКУ), обеспечивающие очистку, осушку и компримирование газа. Такие установки, разработанные и внедрённые на многих месторождениях, отличаются надёжностью, способностью работать с агрессивными средами, при низких входных давлениях и в экстремальных климатических условиях [6, 7]. Для морских нефтегазовых сооружений перспективным признано применение мембранных газоразделительных установок (например, МГБ-2.5-95.0–1500 на основе модулей CarboPEEK), которые компактны, модульны и позволяют очищать ПНГ от сернистых соединений, диоксида углерода и влаги, делая его пригодным для питания газотурбинных и микротурбинных агрегатов непосредственно на месте добычи [10].

Энергетическая утилизация ПНГ. Использование ПНГ в качестве топлива для малой энергетики – одно из наиболее распространённых направлений. Однако для газотурбинных установок малой мощности требуется глубокая подготовка газа, что увеличивает эксплуатационные расходы [4]. В качестве альтернативы традиционному факельному сжиганию предложена технология низкотемпературного малоэмиссионного горения с внешним подогревом топливного газа. Такой подход расширяет пределы устойчивого горения, особенно для газов с высоким содержанием балластных компонентов, и позволяет существенно снизить выбросы вредных веществ, повышая энергоэффективность [8].

Закачка ПНГ в пласт для повышения нефтеотдачи. Метод водогазового воздействия (ВГВ) предполагает компримирование ПНГ и смешивание его с водой с последующей закачкой в нагнетательные скважины. Моделирование показывает, что применение ВГВ позволяет увеличить коэффициент извлечения нефти (на 0,077 д. ед.) и дополнительную добычу (до 85 тыс. тонн за 50 лет разработки), при этом обеспечивая утилизацию низконапорного газа. Экономическая эффективность подтверждается расчётным дисконтированным сроком окупаемости около 5 лет [11]. Другой технической реализацией закачки служат насосно-эжекторные системы, которые адаптируются к изменяющимся расходам газа за счёт регулирования давления и расхода рабочей жидкости; при значительных колебаниях расходов предлагается сочетание частотного регулирования с периодической эксплуатацией [9].

Совместная подготовка с газоконденсатным сырьём. Использование ПНГ в смеси с природным газом на установках низкотемпературной сепарации позволяет избежать ретроградного испарения конденсата. Однако, как показано в расчётах, при совместной подготовке при давлении 6 МПа извлечение углеводородов C_5+ возрастает на 1,9%, а C_3+ – снижается на 7,9%, что указывает на необходимость оптимизации параметров для максимального извлечения ценных компонентов [14].

Организационно-экономические механизмы и кластерные подходы. Для стимулирования утилизации ПНГ предлагается создание системы внутренней торговли выбросами парниковых газов по аналогии с европейской схемой EU ETS, что позволит перераспределять финансовые ресурсы между компаниями с низким уровнем утилизации и теми, кто инвестирует в соответствующие проекты [3]. Эффективность таких мер подтверждается практическими примерами, где реализация проектов по использованию ПНГ (компрессорные станции, газотурбинные электростанции) окупается быстрее благодаря ужесточению экологических штрафов. В качестве системного решения рассматривается кластерная политика, направленная на создание нефтехимических кластеров и развитие инфраструктуры переработки ПНГ. Опыт Ханты-Мансийского автономного округа показывает, что строительство газоперерабатывающих заводов и малых электростанций на



основе ПНГ, а также меры государственной поддержки (налоговые льготы, снижение пошлин, совместные предприятия) способствуют росту уровня утилизации [13].

Перспективные направления. Активно разрабатываются технологии для удалённых и арктических месторождений, где инфраструктурные ограничения особенно остры. В частности, в рамках международных проектов ведутся работы по получению моторных топлив из ПНГ с использованием экологически чистых и рентабельных технологий [12]. Сочетание мембранных методов, низкотемпературной сепарации и энергетического использования на месте добычи рассматривается как наиболее гибкая стратегия для объектов с ограниченной инфраструктурой.

Заключение. Наиболее перспективными признаны комплексные решения, сочетающие энергетическую утилизацию ПНГ с закачкой в пласт для повышения нефтеотдачи, а также мембранные и низкотемпературные технологии селективного извлечения ценных фракций. Однако универсальной технологии не существует – оптимальная стратегия требует индивидуального проектирования под конкретные условия. Решающим фактором перехода к рациональному использованию ПНГ станут рыночные механизмы регулирования выбросов, ужесточение экологических норм и государственная поддержка инфраструктурных проектов, что соответствует глобальным целям декарбонизации и ресурсосбережения.

Список литературы:

1. Шейкин А.Г., Жарова Т.Ю. Анализ проблем и возможных управленческих решений при реализации проектов по утилизации попутного нефтяного газа: роль государства и малого бизнеса // Известия УГГУ. – 2013. – №. 2 (30). – С. 59-65. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-i-vozmozhnyh-upravlencheskih-resheniy-pri-realizatsii-proektov-po-utilizatsii-poputnogo-neftyanogo-gaza-rol-gosudarstva-i> (дата обращения: 22.06.2026).
2. Епонешникова А. Попутный – ненужный? // «ЭКО». Всероссийский экономический журнал. – 2013. – №. 4 (466). – С. 94-100. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poputnyy-nenuzhnyy> (дата обращения: 22.06.2026).
3. Воеводкин Д.А., Скрипниченко В.А. Рациональное использование вторичных ресурсов в экономике нефтегазового хозяйства (на примере утилизации попутного нефтяного газа) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2013. – №. 4. – С. 83-89. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-ispolzovanie-vtorichnyh-resursov-v-ekonomike-neftegazovogo-hozyaystva-na-primere-utilizatsii-poputnogo-neftyanogo-gaza> (дата обращения: 22.06.2026).
4. Ильина М.Н. Требования к подготовке попутного нефтяного газа для малой энергетики // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2007. – №. 2. – С. 167-171. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/trebovaniya-k-podgotovke-poputnogo-neftyanogo-gaza-dlya-maloy-energetiki> (дата обращения: 22.06.2026).
5. Крымов С.М., Робинсон Б.В. Рациональное использование ресурсов попутного газа Западной Сибири // Записки Горного института. – 2005. – С. 150-152. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-ispolzovanie-resursov-poputnogo-gaza-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 22.06.2026).
6. Чернов И.В. Утилизация попутного нефтяного газа - инженерные решения от компании «ЭНЕРГАЗ» // Территория Нефтегаз. – 2010. – №. 6. – С. 86-88. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-poputnogo-neftyanogo-gaza-inzhenernye-resheniya-ot-kompanii-energaz> (дата обращения: 22.06.2026).



7. Шершнева О.В. Попутный нефтяной газ может работать эффективно применение газодожимных компрессорных станций «ЭНЕРГАЗ-Enerproject» для рационального использования ПНГ // Территория Нефтегаз. 2012. №6. – С. 68-71. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poputnyy-neftyanoy-gaz-mozhet-rabotat-effektivno-primenenie-gazodozhimnyh-kompressornyh-stantsiy-energaz-enerproject-dlya> (дата обращения: 22.06.2026).

8. Шилова А.А., Бачев Н.Л. Утилизация разнородных нефтяных газов в универсальной малоэмиссионной газотурбинной установке с внешним подогревом топливного газа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – №. 10. – С. 95-104. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/utilizatsiya-raznorodnyh-neftnyanyh-gazov-v-universalnoy-maloemissionnoy-gazoturbinoy-ustanovke-s-vneshnim-podogrevom-toplivnogo> (дата обращения: 22.06.2026).

9. Дроздов А.Н., Горбылева Я.А. Совершенствование эксплуатации насосно-эжекторных систем при изменяющихся расходах попутного нефтяного газа // Записки Горного института. 2019. – С. 415-421. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-ekspluatatsii-nasosno-ezhektornykh-sistem-pri-izmenyayushchih-sya-rashodah-poputnogo-neftyanogo-gaza> (дата обращения: 22.06.2026).

10. Закороев Р.Р., Нифонтов Ю.А., Сергеева А.С. Перспективный метод утилизации ПНГ на МНГС в целях обеспечения экологической безопасности // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2021. – №. S1. – С. 237-238. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnyy-metod-utilizatsii-png-na-mngs-v-tselyah-obespecheniya-ekologicheskoy-bezopasnosti> (дата обращения: 22.06.2026).

11. Зятиков П.Н., Мазитов Р.Ф., Волков П.В., Захарова Н.П. Анализ применения технологии водогазового воздействия на пласты с наличием газовой шапки с целью увеличения нефтеотдачи и утилизации низконапорного попутного газа на примере месторождений Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2022. – №. 5. – С. 178-185. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-primeneniya-tehnologii-vodogazovogo-vozdeystviya-na-plasty-s-nalichiem-gazovoy-shapki-s-tselyu-uvlecheniya-nefteotdachi-i-utilizatsii-nizkonapornogo-poputnogo-gaza-na-primere-mestorozhdeniy-zapadnoy-sibiri> (дата обращения: 22.06.2026).

12. Беляева О.И., Коршунов Г.В. Бренд угу в контексте интернационализации образования: арктический вектор и нефтегазовая доминанта // Высшее образование в России. – 2017. – №. 4. – С. 131-136. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/brend-ugtu-v-kontekste-internatsionalizatsii-obrazovaniya-arkticheskiy-vektor-i-neftegazovaya-dominanta> (дата обращения: 22.06.2026).

13. Скобелина В.П., Трemasова И.С. Кластерная политика как инновационный формат рационального использования попутного нефтяного газа // Записки Горного института. – 2013. – С. 110-114. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klasternaya-politika-kak-innovatsionnyy-format-ratsionalnogo-ispolzovaniya-poputnogo-neftyanogo-gaza> (дата обращения: 22.06.2026).

14. Гатиятов А.Р., Шишмина Л.В., Зятиков П.Н. Влияние попутного нефтяного газа на степень извлечения углеводородов C3+ при совместной подготовке с газоконденсатным сырьем // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – №. 8. – С. 205-212. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-poputnogo-neftyanogo-gaza-na-stepen-izvlecheniya-uglevodorodov-s3-pri-sovmestnoy-podgotovke-s-gazokondensatnym-syriem> (дата обращения: 22.06.2026).

