

Научная статья
УДК 338.1
doi:10.37614/2220-802X.2.2022.76.002

УТИЛИЗАЦИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РОССИИ: МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ГАЗОХИМИИ

Арина Павловна Рядинская¹, Алина Александровна Череповицына²

¹Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия, arina_german@mail.ru, ORCID 0000-0001-6545-8854

²Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, iljinovaaa@mail.ru, ORCID 0000-0001-5168-0518

Аннотация. Сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) на факелах с экономической точки зрения влечет за собой существенные потери ресурса, который может быть полезно использован. Кроме того, оно оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Российские нефтегазовые компании активно занимаются вопросами утилизации ПНГ, однако вопрос о выборе наиболее эффективных и обоснованных решений по его полезному использованию остается открытым. Целью исследования является анализ известных и используемых методов утилизации ПНГ в мире, уровня и направлений утилизации ПНГ российскими нефтегазовыми компаниями, а также оценка перспектив развития проектов глубокой переработки ПНГ на базе российских нефтегазовых компаний для получения продуктов газохимии. Была рассмотрена общая ситуация по утилизации ПНГ в России, изучение показало, что объемы сжигания ПНГ на факелах в абсолютном выражении за последние 5 лет возрастают, это связано с тем, что компании не успевают развивать инфраструктуру для утилизации газа, а также с ростом нефтедобычи в России. Проведен анализ уровня и основных направлений утилизации ПНГ крупнейшими российскими нефтегазовыми компаниями, который определил, что компании уже занимаются развитием газохимического сегмента, однако зачастую используют более простые методы утилизации (закачка ПНГ в пласт, генерация электроэнергии, закачка ПНГ в единую газотранспортную сеть). Изучение рынка газохимии выявило перспективы роста спроса на продукты газохимии как минимум до 2030 г., что подтверждает актуальность развития этого направления. Для комплексной оценки перспектив создания газохимических производств на базе российских нефтегазовых компаний был применен SWOT-анализ, который помог систематизировать представления о потенциале развития газохимического направления нефтегазовыми компаниями. Для проведения исследования были использованы: метод статистических исследований, методы сравнительного, причинно-следственного, стратегического и управленческого анализа, а также метод SWOT-анализа.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ (ПНГ), нефтегазовые компании, утилизация, газохимия, продукты газохимии, методы утилизации, глубокая переработка, Арктика

Для цитирования: Утилизация попутного нефтяного газа в России: методы и перспективы производства продуктов газохимии / А. П. Рядинская, А. А. Череповицына // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 2. С. 19–34. doi:10.37614/2220-802X.2.2022.76.002

Original article

UTILIZATION OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS IN RUSSIA: METHODS AND PROSPECTS FOR THE PRODUCTION OF GAS CHEMISTRY PRODUCTS

Arina P. Riadinskaia¹, Alina A. Cherepovitsyna²

¹St. Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia, arina_german@mail.ru, ORCID 0000-0001-6545-8854

²Luzin Institute for Economic Studies, Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, iljinovaaa@mail.ru, ORCID 0000-0001-5168-0518

Abstract. From an economic point of view, the flaring of associated petroleum gas (APG) entails significant losses of a resource that can be usefully used. In addition, it has a negative impact on the environment. Russian oil and gas companies are actively engaged in the APG utilization, but the question of choosing the most effective and reasonable solutions for its useful use remains open. The purpose of the study is to analyze the known and used methods of APG utilization in the world, the level and directions of APG utilization by Russian oil and gas companies, as well as to assess the prospects for the development of APG deep processing projects based on Russian oil and gas companies to produce gas chemistry products. The general situation on the utilization of APG in Russia was considered, the study showed that the volume of flaring has been increasing in absolute terms over the past 5 years, due to the fact that companies do not have time to develop infrastructure for gas utilization, as well as with the growth of oil production in Russia. The analysis of the level and main trends of APG utilization by the largest Russian oil and gas companies was carried out, which showed that companies are already engaged in the development of the gas chemical segment, however, they often use simpler methods of utilization (injection of APG into the reservoir, generation of electricity, injection of APG into Unified Gas Supply System). The study of the gas chemistry market showed the prospects for growth in demand for gas chemistry products at least until 2030, which confirms the relevance of the development of this direction. For a complex assessment of the prospects for the creation of gas chemical production facilities on the basis of Russian oil and gas companies, a SWOT analysis was carried out, which helped to systematize ideas about the potential for the development of the gas chemical direction by oil and gas companies.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Methods of statistical research, methods of comparative and causal analysis, strategic and managerial analysis, as well as the method of SWOT analysis were used to conduct the study.

Keywords: associated petroleum gas (APG), oil and gas companies, utilization, gas chemistry, gas chemistry products, disposal methods, deep processing, Arctic

For citation: Riadinskaia A. P., Cherepovitsyna A. A. Utilization of associated petroleum gas in Russia: methods and prospects for the production of gas chemistry products. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriadka [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2022, no. 2, pp. 19–34. doi:10.37614/2220-802X.2.2022.76.002

Введение

Сжигание попутного нефтяного газа на факелах ежегодно составляет более 35 % от всех выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, осуществляемых мировой нефтегазовой отраслью [1]. Выбросы состоят из сотен тысяч тонн NO (оксида азота), CO (угарного газа), около 350 млн т CO₂ (диоксида углерода), диоксидов серы и других продуктов неполного сгорания углеводородов. На почве последствия сжигания ПНГ сказываются тем, что порядка 100 тыс. га почвы нарушаются из-за выбросов с полным выжиганием органического вещества в радиусе 20–200 м и формируются геохимические аномалии [2]. Вода покрывается нефтяной пленкой, которая ограничивает доступ кислорода; также при попадании в водоемы тяжелые фракции нефти частично оседают на дно. Это приводит к изменению состава донных отложений, что, в свою очередь, является дополнительным источником загрязнения вод [3].

С учетом экологической составляющей, а также того факта, что сжигание ПНГ влечет за собой существенные потери ресурса, который может быть полезно использован, достаточно давно и остро стоит вопрос его утилизации. На протяжении последнего десятилетия в науке и практике обсуждаются вопросы доступных и экономически целесообразных (в той мере, в которой это возможно) методов утилизации ПНГ, государственного регулирования проблем загрязнения окружающей среды продуктами сжигания ПНГ, а также вопросы перспектив производства различных видов продуктов из него. В 2009 г. в России было принято Постановление Правительства РФ «О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках» (далее — Постановление), которое стало базовым нормативно-правовым документом в области утилизации ПНГ. В последнее время, особенно в пандемийный и постпандемийный периоды, эта проблема становится еще более актуальной, так как мир активнее движется к низкоуглеродному ресурсоэффективному развитию.

С учетом того, что российская Арктика является динамично развивающимся районом нефтедобычи, вопросы утилизации ПНГ на арктических месторождениях являются весьма актуальными. Можно сказать, что они приобретают особую актуальность в связи с хрупкостью арктических экосистем. Так, в период с 2010 по 2019 гг. добыча нефти в Арктической зоне РФ увеличилась с 45,4 до 87,7 млн т, в то время как объем добытого ПНГ вырос с 9,1 до 27,4 млрд м³, что привело к увеличению объемов сжигания ПНГ на факелах

за тот же период [4]. Важная экологическая проблема — таяние арктических льдов из-за сжигания ПНГ, которое приводит к оседанию большого количества сажи на снежном покрове, что, в свою очередь, увеличивает поглощение солнечной энергии арктическими льдами [3].

Хорошим примером успешной реализации проекта по утилизации ПНГ в Арктике является Новопортовское нефтегазоконденсатное месторождение (ПАО «Газпром нефть»). В 2018 г. компания завершила внедрение мероприятий по утилизации ПНГ на месторождении, создав объекты по повторной закачке его в пласт. Это не только позволило обеспечить более высокий уровень утилизации ПНГ, но и оказалось экономически эффективным за счет увеличения добычи сырой нефти [4]. Однако на сегодня возникает вопрос, является ли данный метод наиболее экономически эффективным по сравнению с другими существующими и доступными.

Известно, что ПНГ может быть не только закачан в пласт для поддержания пластового давления с целью повышения нефтеотдачи, но также может являться сырьем для получения товарной продукции и генерации электроэнергии [5]. Это еще раз подтверждает тот факт, что сжигание его на факелах наносит значительный экономический ущерб нефтегазовым компаниям и государству.

По вопросам утилизации ПНГ опубликовано большое количество практико-ориентированного материала (статистическая информация, данные о доступных методах утилизации ПНГ, практические кейсы компаний и т. д.) в годовых отчетах нефтегазовых компаний¹, ежегодных статистических сборниках ТЭК России², аналитических исследованиях компаний (например, ПАО «СИБУР Холдинг» [5]) и др.

Эти вопросы также являются достаточно изученными в отечественной и зарубежной научной литературе [6–9]. Например, в исследовании [10] авторы говорят о том, что даже применение режимов комбинированной мощности (комбинированная теплоэнергетика и комбинированная теплоэнергетика охлаждения) не может гарантировать полную утилизацию ПНГ, и разрабатывают энергетическую

¹ Годовой отчет ПАО «Роснефть» за 2020 год. 2021. URL: https://www.rosneft.ru/docs/report/2020/download/full-reports/ar_ru_annual-report_spreads_rosneft_2020.pdf (дата обращения: 10.02.2022).

² Статистический сборник ТЭК России — 2019 // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2020. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/TEK_annual/TEK.2019.pdf (дата обращения: 10.02.2022).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

систему, которая может позволить утилизировать ПНГ на 100 %. Н. А. Шевелева [11] представляет алгоритм управления проектами утилизации ПНГ, включающий различные блоки анализа, а также определяющий целевые категории проектов. В некоторых исследованиях авторы уделяют внимание изучению зарубежного опыта решения проблемы сжигания ПНГ на факелах. Например, в исследовании [12] проанализированы инновационные подходы к эффективному использованию ПНГ в США и Канаде. Значительное количество работ посвящено изучению проблемных аспектов правового регулирования в сфере утилизации ПНГ [13, 14]. Методы утилизации ПНГ, их преимущества и недостатки также активно обсуждаются в ряде научных исследований [15–17].

При проведении литературного обзора было выявлено, что в ряде работ изучено и относительно новое направление использования ПНГ — производство на его основе продуктов газохимии [18, 19]. Авторы рассматривают возможные перспективы использования попутного газа в качестве газохимического сырья, анализируют крупные проекты по строительству новых газоперерабатывающих заводов (ГПЗ) и другие аспекты. В исследованиях также изучается рынок продуктов газохимии, определяется его важность для экономики России.

Однако необходимо отметить, что комплексный анализ перспектив производства продуктов газохимии из ПНГ на базе российских нефтегазовых компаний в научных работах не представлен. В существующих исследованиях делается фокус на частных аспектах, тогда как в данной работе предпринята попытка всестороннего анализа и оценки перспектив развития таких проектов с учетом рыночных, технологических, экономических и управленческих факторов. Кроме того, исследований, отражающих возможности утилизации ПНГ с производством продукции с высокой добавленной стоимостью в Арктической зоне, крайне мало.

Цель работы — проанализировать известные и используемые методы утилизации ПНГ в мире, уровень и направления утилизации ПНГ российскими нефтегазовыми компаниями, а также оценить перспективы развития проектов глубокой переработки ПНГ на базе российских нефтегазовых компаний для получения продуктов газохимии. Частным вопросом исследования является оценка перспектив развития таких проектов на северных территориях.

На сегодняшний день в научной литературе распространенным является подход, обосновывающий более широкие взгляды на оценку экологоориентированных технологий. Авторы обоснованно говорят о том, что они должны быть направлены не только на снижение негативного воздействия на окружающую среду, но и быть

экономически и социально ориентированными, соответствовать принципам устойчивого развития (например, [20–22]), обеспечивать максимально эффективное использование ресурсов. Актуальными направлениями исследований являются поиск и обоснование более экономически эффективных экологических решений, а также технологий, которые позволяют внедрять в производство циркулярные бизнес-модели, более рационально и полно использовать попутные компоненты и отходы производства, а также создавать на их основе продукцию с высокой добавленной стоимостью, которая пользуется спросом и может способствовать покрытию дефицита в России по определенным видам товаров. Именно через призму такого подхода проведено представленное в данной статье исследование.

Работа организована следующим образом: во-первых, мы анализируем общую ситуацию с утилизацией ПНГ в России с использованием статистических данных; во-вторых, мы рассматриваем некоторые методы утилизации ПНГ, представленные в научной литературе, а также проводим анализ уровня и основных направлений утилизации ПНГ крупнейшими российскими нефтегазовыми компаниями; в-третьих, мы переходим к рассмотрению более глубоких методов утилизации ПНГ, как в большей степени отвечающим требованиям ресурсоэффективного развития производств; затем, мы фокусируемся на анализе рынка газохимии и оценке перспектив создания газохимических производств на базе российских нефтегазовых компаний.

Методы и материалы исследования

Теоретической основой выступили труды отечественных и зарубежных ученых по различным аспектам утилизации ПНГ, промышленного и экологического менеджмента.

Основным методом выступили кабинетные исследования. Для решения частных задач были использованы простейшие методы статистических исследований, методы сравнительного, причинно-следственного, стратегического и управленческого анализа, а также метод SWOT-анализа.

В качестве материалов исследований выступали научные труды по теме, поиск которых осуществлялся в международных базах и российской базе научных работ, а также материалы таких структур, организаций и компаний, как Deloitte, BP, WWF, Министерство энергетики РФ, Аналитический центр при Правительстве РФ и др.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Результаты

Утилизация ПНГ в России

Попутный нефтяной газ — смесь газообразных углеводородов, растворенных в нефти, которые выделяются в процессе ее добычи и подготовки. ПНГ по составу является более богатым газом, чем природный. Это обусловлено тем, что помимо метана и этана

в нефтяном газе есть пропан, бутан и другие углеводороды, в молекулах которых содержится от одного до четырех атомов углерода [2].

На рис. 1 представлены данные по объемам добычи, сжигания и уровню утилизации ПНГ в России за 2000–2020 гг.

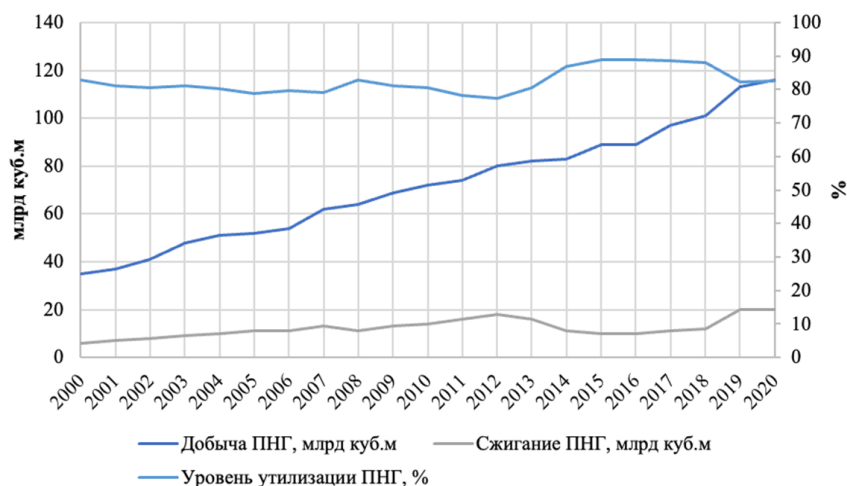


Рис. 1. Добыча, сжигание и уровень утилизации ПНГ в России за 2000–2020 гг. (Составлено авторами на основе: [7]; Отчет о функционировании и развитии ТЭК России в 2020 году // Министерство энергетики Российской Федерации. 2021. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/20322/154189> (дата обращения: 14.02.2022))

За анализируемый период с 2000 по 2020 гг. добыча ПНГ в России значительно увеличилась, что связано с ростом добычи нефти. По данным ВР, с 2010 по 2019 гг. добыча нефти в России поднялась с 512,3 до 573,4 млн т (рост на 12 %)³. В 2020 г. в связи с резким падением спроса на нефть, вызванным сокращением объема промышленного производства и перевозок, а также соглашением ОПЕК о снижении добычи нефти, объемы снизились до 524 млн т. В целом с вступлением в силу Постановления нефтегазовые компании стали активнее использовать различные методы утилизации ПНГ. Это позволило с 2012 по 2015 гг. увеличить уровень утилизации на 13 % в среднем по стране.

Уровень утилизации ПНГ в России снижается с 2018 г. Министерство энергетики РФ в «Отчете о функционировании и развитии ТЭК России в 2020 году»⁴ связывает это с ростом добычи нефти на новых месторождениях, которые характеризуются недостаточным уровнем развития необходимой для утилизации ПНГ инфраструктуры.

При этом, на отдельных крупных нефтегазовых месторождениях России уровень утилизации ПНГ достигает достаточно высокого значения. Например, на 58 месторождениях ПАО «Сургутнефтегаз» достигнут максимальный уровень утилизации ПНГ — 99 % и выше⁵; на Самотлорском месторождении ПАО «Роснефть» — 98,6 %⁶; на Северо-Губкинском месторождении ТПП «Ямалнефтегаз» — 98,9 %⁷.

Таким образом, можно сделать вывод, что уже достаточно давно российские нефтегазовые компании активно занимаются вопросами полезного использования ПНГ и достигли в этом определенных успехов. В целом при перманентном нарастании объемов добычи нефти и, соответственно, увеличении добычи ПНГ, компаниям удается сохранять достаточно высокий уровень утилизации попутного газа за последние 5 лет. В фокусе внимания на сегодня — поиск более эффективных и обоснованных решений по его полезному использованию.

³ BP Statistical Review of World Energy 70th edition — Oil // ВР. 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-oil.pdf> (дата обращения: 02.02.2022).

⁴ Отчет о функционировании и развитии ТЭК России в 2020 году // Министерство энергетики Российской Федерации. 2021. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/20322/154189> (дата обращения: 14.02.2022).

⁵ Экологический отчет ПАО «Сургутнефтегаз» за 2020 год. URL: https://www.surgutneftegas.ru/upload/iblock/06c/ЭО_рус.pdf (дата обращения: 23.03.2022).

⁶ Уровень рационального использования попутного нефтяного газа в «Самотлорнефтегазе» превысил 98,5 %. URL: <https://www.rosneft.ru/press/news/item/205561/> (дата обращения: 10.02.2022).

⁷ Годовой отчет ПАО «Лукойл» за 2020 год. URL: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/551394.pdf> (дата обращения: 17.01.2022).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

**Методы утилизации ПНГ:
существующие и используемые**

В результате анализа научной литературы было выявлено, что единая классификация методов утилизации ПНГ отсутствует. Различные авторы используют разные подходы и классификационные признаки для того, чтобы упорядочить набор технологий и решений, пригодных для утилизации нефтяного газа, а также различную степень их детализации. В табл. 1 приведены некоторые примеры методов, представленных в научной литературе.

В целом можно сделать вывод, что известные методы утилизации ПНГ, которые встречаются в научной литературе, в разных источниках схожи. Так, например, авторы [24] выделяют методы утилизации более подробно, а в исследовании [23] — в более общем виде; в исследованиях [25] и [26] затронуты конкретные технологии и решения.

На основе вышесказанного в более общем виде можно выделить следующие методы утилизации ПНГ с ориентацией на первую классификацию (табл. 1):

- 1) закачка в пласт с целью повышения нефтеотдачи;
- 2) закачка в единую газотранспортную сеть;
- 3) генерация электроэнергии;
- 4) неглубокая переработка;
- 5) глубокая переработка.

Нефтегазовые компании комбинируют методы утилизации ПНГ в зависимости от того, насколько эффективно и экономически целесообразно применение того или иного метода на конкретном месторождении в определенных условиях.

С целью выявления компаний, которые наиболее эффективно используют возможности по утилизации ПНГ, а также конкретных инициатив недпользователей была рассмотрена деятельность 5 крупнейших компаний по добыче нефти в России в 2020 г.⁸ (табл. 2). Для сбора данных авторами была использована официальная информация компаний, а именно годовые отчеты, отчеты об устойчивом развитии, официальные сайты.

Согласно данным, представленным в табл. 2, только три из пяти компаний достигают целевого уровня утилизации ПНГ (95 %), установленного Постановлением. Более 5 % ПНГ на факелах сжигают ПАО «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть», при этом обе компании являются лидерами по объемам полезного использования ПНГ в абсолютном выражении (32,91 и 16,47 млрд м³ в 2020 г. соответственно).

Снижение объема полезного использования и увеличение сжигания ПНГ ПАО «Роснефть» почти втрое привели к снижению уровня утилизации ПНГ на 15,2 % с 2016 по 2020 г. Компания обосновывает такую динамику задержкой ввода

в эксплуатацию инфраструктуры, необходимой для утилизации ПНГ на новых месторождениях⁹.

Рост уровня утилизации ПНГ ПАО «Лукойл» на 5,6 % с 2016 по 2020 г. связан со значительным снижением объемов сжигания ПНГ на факелах при сохранении объемов его добычи. Компания утилизирует ПНГ не только такими распространенными методами, как генерация электроэнергии, закачка в пласт, а также занимается продажей попутного газа сторонним организациям.

В связи с разработкой новых месторождений компанией «Газпром нефть» с высоким уровнем газового фактора, при объемах добычи нефти примерно на одном уровне за анализируемый период добыча ПНГ увеличилась вдвое, а сокращение объемов сжигания ПНГ с 2019 г. обусловлено завершением строительства газовой инфраструктуры на Новопортовском месторождении и в Арчинской группе месторождений.

Компании «Татнефть» удается сохранять высокий уровень утилизации за анализируемый период (95,9–96,4 %) благодаря небольшим объемам добычи попутного газа. Компания делает акцент в области утилизации ПНГ на капитальный ремонт газовой инфраструктуры и переработку ПНГ на ГПЗ.

Компания «Сургутнефтегаз» является абсолютным лидером по уровню утилизации. В 2020 г. около 22 % добытого газа было направлено на газотурбинные и газопоршневые электростанции для производства электроэнергии; более 15 % ПНГ было использовано для собственного потребления в качестве топлива и на технологические нужды; более 60 % ПНГ с месторождений компании было направлено на ГПЗ.

По проведенному анализу можно сделать вывод, что российские нефтегазовые компании стали активно уходить от сжигания ПНГ на факелах и выбирать для себя наиболее эффективные методы утилизации, отвечающие концепции ресурсосбережения и экологоориентированного развития. При том, что переработка ПНГ в продукцию газохимии — это производство продукции с высокой добавленной стоимостью и может принести большой экономический эффект, многие компании продолжают использовать иные методы его утилизации. Авторами предпринята попытка выделения сдерживающих факторов и ограничений развития газохимических производств [28]:

- отдаленность месторождений, на которых происходит добыча ПНГ, от существующих ГПЗ;
- отсутствие возможностей строительства новых ГПЗ вблизи месторождений (географические, климатические факторы);
- низкий объем добычи ПНГ на отдельных месторождениях;
- высокий уровень капитальных вложений для строительства ГПЗ и сопутствующей инфраструктуры;
- отдаленность рынков сбыта и др.

⁸ Отчет о функционировании и развитии ТЭК России в 2020 году // Министерство энергетики Российской Федерации. 2021. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/20322/154189> (дата обращения: 14.02.2022).

⁹ Статистический сборник ТЭК России — 2019 // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2020. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/TEK_annual/TEK.2019.pdf (дата обращения: 10.02.2022).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Обозначенные ограничения необходимо учитывать при принятии решения о выборе метода утилизации ПНГ на конкретном месторождении, так как они напрямую влияют на экономическую эффективность таких инициатив. Особенно это касается Арктической зоны как региона со сложными климатическими условиями, так как влияние всех факторов максимизируется.

Одной из причин активного интереса компаний к развитию газохимического сектора является то, что продукция газохимии — это продукция с высокой добавленной стоимостью. Нарастание цены происходит по мере углубления переработки ПНГ. Например, соотношение цены ПНГ и цены индивидуальных углеводородов и метанола составляет 1 : 2; соотношение цены ПНГ и полиэтилена — 1 : 10;

соотношение цены ПНГ и поликарбоната / других специальных пластмасс — 1: (20–40) [29].

Другой причиной заинтересованности нефтегазового бизнеса в газохимии является востребованность на рынке и рост спроса на продукцию. Кроме того, развитие газохимического сегмента в портфеле нефтегазовой компании — отличный инструмент диверсификации нефтегазового бизнеса и снижения степени его зависимости от волатильного нефтяного рынка.

Для более обоснованной оценки перспектив развития газохимических производств на базе российских нефтегазовых компаний представим краткий обзор рынка газохимии, а также SWOT-анализ российских компаний как крупных производителей продуктов газохимии из ПНГ.

Таблица 1

Примеры представленных в научной литературе методов утилизации ПНГ

Источник	Методы утилизации ПНГ*
Shakhovskaya L., Timonina V.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сжигание на факелах; 2. закачка в единую газотранспортную сеть; 3. закачка в пласт; 4. генерация электроэнергии; 5. неглубокая переработка; 6. глубокая переработка
Gorlenko N., Murzin M.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Рациональные (эффективные): <ol style="list-style-type: none"> 1.1. глубокая переработка в газ, топливо и сырье для нефтехимической промышленности; 1.2. неглубокая переработка в газ и топливо; 1.3. генерация электроэнергии; 1.4. закачка в единую газотранспортную сеть; 1.5. сжижение ПНГ (Gas-to-liquids). 2. Допустимые (невыгодные, потери ПНГ до 30–35 % при повторной добыче): <ol style="list-style-type: none"> 2.1. обратная закачка ПНГ в пласт; 3. ликвидационные: <ol style="list-style-type: none"> 3.1. бездымное сжигание в факельных установках с высокоинтенсивными камерами сгорания с минимальным количеством выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; 4. разрушительные: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. сжигание на факелах; 4.2. рассеивание
Shigarov A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Закачка в пласт; 2. технология фракционирования (получение сухого отбензиненного газа (СОГ) и широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ)); 3. преобразование в синтез-газ для последующего использования в газофиджидкостной технологии; 4. транспортировка ПНГ по газопроводу в ближайшие населенные пункты для использования в качестве горючего газа (заменитель городского газа)
Turysheva A., Gulkov Y., Krivenko A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Транспортировка на нефтеперерабатывающие заводы или строительство мини-перерабатывающих мощностей для дальнейшего разделения и использования отдельных компонентов ПНГ; 2. переработка газа с помощью технологии преобразования газа в жидкость (Gas-to-liquids); 3. закачка газа в пласт на месторождении для поддержания пластового давления; 4. использование в качестве топлива для работы энергоблоков после системы предварительной обработки

* Составлено авторами на основе [23–26].

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 2

Уровень и основные направления утилизации ПНГ российскими нефтегазовыми компаниями*

Компания	Год					Основные направления использования ПНГ	Примеры объектов утилизации ПНГ	Планы компании
	2016	2017	2018	2019	2020			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
«Роснефть»								
Добыча нефти, млн т	210,0	225,5	230,2	230,2	204,5	1. Генерация электроэнергии. 2. Закачка ПНГ в пласт. 3. Переработка ПНГ на ГПЗ	1. Комплекс сооружений на Юрубчено-Тохомском месторождении по закачке ПНГ в пласт. 2. Компрессорная станция с установкой подготовки газа Восточно-Мессояхского месторождения. 3. Компрессорная станция с установкой подготовки газа ООО «Башнефть-Полу». 4. Отраденский ГПЗ (продукция — ШФЛУ, СОГ, этановая фракция). Находится в Самарской области, перерабатывает ПНГ с месторождений АО «Самаранефтегаз» и АО «Оренбургнефть»	До 2035 г. — достижение нулевого рутинного сжигания ПНГ. Развитие технологий ароматизации метана, которые позволяют одновременно получать из природного газа и ПНГ водород и ароматические нефтехимические продукты
Добыча ПНГ, млрд м ³	40,2	41,6	41,8	44,3	44			
Объем полезного использования ПНГ, млрд м ³	36,18	37,12	35,28	34,47	32,91			
Объем сжигания ПНГ, млрд м ³	4,02	4,48	6,52	9,83	11,09			
Уровень утилизации ПНГ, %	90	89,2	84,4	77,8	74,8			
«Лукойл»								
Добыча нефти, млн т	92,0	87,4	85,6	85,9	77,2	1. Генерация электроэнергии. 2. Закачка ПНГ в пласт. 3. Переработка ПНГ на ГПЗ. 4. Продажа ПНГ	1. Локовский ГПЗ (продукция — СОГ, ШФЛУ, сжиженные углеводородные газы (СУГ), бензин газовый стабильный (БГС), мощность — 2100 млн м ³ ПНГ в год). Перерабатывает ПНГ с месторождений Западной Сибири. 2. Усинский ГПЗ (продукция — СОГ, БГС, СУГ; мощность — 600 млн м ³ ПНГ в год). Перерабатывает ПНГ с месторождений ООО «ЛУКОЙЛ-Коми». 3. Газотурбинная электростанция «Чашкино» (Пермский край, мощность — 16 МВт). Работает на ПНГ с Жилинского, Ростовицкого и Бельского месторождений	До 2030 г. — достижение нулевого рутинного сжигания ПНГ. Ввод в эксплуатацию за период 2020–2022 гг. 12 объектов по рациональному использованию ПНГ
Добыча ПНГ, млрд м ³	12,09	12,49	12,63	12,89	11,25			
Объем полезного использования ПНГ, млрд м ³	11,13	11,92	12,3	12,58	10,99			
Объем сжигания ПНГ, млн м ³	952,5	574,9	328,4	309,5	258,8			
Уровень утилизации ПНГ, %	92,1	95,4	97,4	97,6	97,7			
«Сургутнефтегаз»								
Добыча нефти, млн т	61,85	60,54	60,89	60,76	54,76	1. Генерация электроэнергии. 2. Закачка ПНГ в пласт. 3. Переработка ПНГ на ГПЗ	1. Управление по переработке газа (продукция — СОГ, ШФЛУ, пропан-бутановая смесь; мощность — 4,28 млрд м ³). Перерабатывает газ с Федоровского, Западно-Сургутского, Лянторского и др. месторождений. Далее продукция отправляется на Тобольский нефтехимический комбинат и другим потребителям. 2. Дожимная компрессорная станция (Ульяновское нефтяное месторождение; мощность до 2,5 МПа)	Удержание существующего уровня утилизации ПНГ
Добыча ПНГ, млрд м ³	9,53	9,50	9,60	9,51	9,03			
Объем полезного использования ПНГ, млрд м ³	9,46	9,43	9,56	9,47	8,98			
Объем сжигания ПНГ, млн м ³	0,07	0,07	0,04	0,04	0,05			
Уровень утилизации ПНГ, %	99,3	99,3	99,6	99,6	99,5			
«Газпром нефть»								
Добыча нефти, млн т	59,9	62,4	63,0	63,3	59,1	1. Генерация электроэнергии. 2. Закачка ПНГ в пласт. 3. Переработка ПНГ на ГПЗ. 4. Закачка ПНГ в газотранспортную сеть	1. Установка комплексной подготовки газа Новопортовского нефтегазоконденсатного месторождения (рост утилизации с 2019 по 2020 гг. — с 91,1 до 96,8 %). 2. Дожимная компрессорная станция с газовоздушным трактом Урманского месторождения (рост утилизации с 2019 по 2020 гг. — с 34,5 до 86,8 %). 3. Южно-Приобский ГПЗ (переработка ПНГ с Южно-Приобского месторождения, располагается в Ханты-Мансийском районе; мощность — 1 млрд м ³ / год; продукция — ШФЛУ, СУГ)	Достижение уровня полезного использования ПНГ (в том числе с учетом новых активов) не менее 95 % в 2022 г. в условиях растущей добычи. До 2030 г. — достижение нулевого рутинного сжигания ПНГ
Добыча ПНГ, млрд м ³	9,56	11,43	14,40	16,64	18,09			
Объем полезного использования ПНГ, млрд м ³	7,63	8,71	11,29	14,81	16,47			
Объем сжигания ПНГ, млрд м ³	1,93	2,77	3,11	1,83	1,62			
Уровень утилизации ПНГ, %	79,8	76,2	78,4	89,0	91,1			

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>«Татнефть»</i>								
Добыча нефти, млн т	28,7	28,9	29,5	29,8	26,0	1. Закачка ПНГ в пласт. 2. Переработка ПНГ на ГПЗ	1. Управление «Татнефтегазпереработка» (в 2020 г. поставка газа 713,5 млн м ³ ; продукция — ШФЛУ, фракция этановая, фракция пропановая, фракция изопентановая, БГС); 2. Газосборные системы ПНГ с объектов НГДУ «Альметьевнефть», НГДУ «Азнакаевнефть» и НГДУ «Бавлынефть». 3. Газопоршневые электростанции на Елабужской установке предварительного сброса воды (УПС), УПС «Бастрык», Ново-Суксинской установке подготовки высокосернистой нефти (мощность — 2 МВт, объем утилизации ПНГ — 3,3 млн м ³ /год)	Сокращение выбросов парниковых газов до нуля к 2050 г.
Добыча ПНГ, млрд м ³	1,01	1,01	1,11	1,10	1,11			
Объем полезного использования ПНГ, млрд м ³	0,973	0,969	1,063	1,053	1,056			
Объем сжигания ПНГ, млн м ³	36	39	42	45	44			
Уровень утилизации ПНГ, %	96,44	96,16	96,2	95,9	96			

* Составлено авторами на основе: [27], Годовой отчет ПАО «Роснефть» за 2020 год. 2021. URL: https://www.rosneft.ru/docs/report/2020/download/full-reports/ar_ru_annual-report_spreads_rosneft_2020.pdf (дата обращения: 10.02.2022); Статистический сборник ТЭК России — 2019 // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. 2020. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/TEK_annual/TEK.2019.pdf (дата обращения: 10.02.2022); Отчет о функционировании и развитии ТЭК России в 2020 году // Министерство энергетики Российской Федерации. 2021. URL: <https://minenergo.gov.ru/view-pdf/20322/154189> (дата обращения: 14.02.2022); Экологический отчет ПАО «Сургутнефтегаз» за 2020 год. URL: https://www.surgutneftegas.ru/upload/iblock/06c/ЭО_рус.pdf (дата обращения: 23.03.2022); Годовой отчет ПАО «Лукойл» за 2020 год. URL: <https://lukoil.ru/FileSystem/9/551394.pdf> (дата обращения: 17.01.2022); Годовой отчет ПАО «Роснефть» за 2018 год. URL: https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/a_report_2018.pdf (дата обращения: 28.01.2022); Годовой отчет ПАО «Роснефть» за 2016 год. URL: https://www.rosneft.ru/upload/site1/document_file/a_report_2016.pdf (дата обращения: 23.03.2022); Годовые отчеты ПАО «Сургутнефтегаз» за 2018–2020 гг. URL: https://www.surgutneftegas.ru/investors/essential_information/reporting/godovye-otcheti/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (дата обращения: 23.03.2022); Годовой отчет ПАО «Газпром нефть» за 2019 год. URL: <https://ir.gazprom-neft.ru/upload/iblock/0db/3.pdf> (дата обращения: 14.02.2022); Годовой отчет ПАО «Татнефть» за 2020 год. URL: https://www.tatneft.ru/storage/block_editor/files/740ca6ed547060b97715e9812639fe20cddd264a.pdf (дата обращения: 23.03.2022).

Рынок газохимии: сегодня и завтра

Газохимия представляет собой совокупность крупномасштабных процессов переработки природного, попутного и технологических газов в готовую товарную продукцию [30, 31]. Сырьевой базой газохимической промышленности являются такие углеводороды как природный газ, ПНГ и газовый конденсат [32]. Примерами продукции газохимии могут быть этилен, пропилен, полиэтилен, БОПП-пленка, полиэтилентерефталат и др.

В табл. 3 представлен прогноз спроса на продукты газохимии до 2030 г. По данным нефтегазохимической компании «СИБУР Холдинг»¹⁰ и аналитического агентства IHS Markit [33] спрос на продукты газохимии до 2030 г. будет расти. Производственные мощности, представленные в табл. 3, предполагают потенциальные объемы производства продуктов газохимии при их полной загрузке; однако информация о степени загрузки производственных мощностей в 2020 г. в России отсутствует.

При том, что по данным табл. 3 можно сделать вывод о росте рынка газохимии и в России, и в мире, пандемия COVID-19 привела к снижению темпов роста спроса на продукты газохимии. Тем не менее ожидается, что увеличение спроса продолжится под влиянием таких факторов, как рост численности населения в мире, рост благосостояния населения,

продолжающаяся урбанизация и нарастание объемов замещения материалов [40] (рис. 2).

Растущее личное благосостояние и благосостояние стран ведет к увеличению общего потребления на каждого отдельного человека. Это может выражаться, например, в росте частоты покупок определенных товаров, а также в расширении спектра использования товаров. Так, среднегодовое потребление полимеров на одного человека в Индии в год — 6,5 кг, а в США — 57,7 кг¹¹.

Полимеры замещают традиционные материалы в таких отраслях, как машиностроение, строительство, энергетика и др. Эта тенденция проявляется в связи с тем, что они успешно конкурируют с традиционными материалами по затратам и характеристикам.

Урбанизация ведет к развитию строительной отрасли и, соответственно, конкуренции среди строительных организаций. Появляется необходимость в более дешевых материалах. Кроме того, использование продуктов нефтегазохимии на душу населения в городах значительно выше. Это, наряду с другими факторами, также подтверждает перспективы роста спроса в перспективе.

Так, при росте спроса на продукцию газохимии производственных мощностей России для его удовлетворения может быть недостаточно. Например, потребность в полиэтилентерефталате в России превышает производственные мощности, поэтому приходится прибегать к его экспорту из Китая.

¹⁰ Единый отчет за 2020 год ПАО «СИБУР Холдинг». 2020. URL: https://www.sibur.ru/sustainability/social_report/SIBUR_CR2020_RUS.pdf (дата обращения: 01.02.2022).

¹¹ Indonesia's Leading and Preferred Petrochemical Company // Chandra Asri Petrochemical. 2019. URL: https://www.chandra-asri.com/files/attachments/downloads/Presentasi/2019/Investor%20Update%20-%20Citi%2016th%20OAPIC_28%20Feb%202019.pdf (дата обращения: 26.02.2022).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Перспективы развития производств по получению продуктов газохимии из ПНГ на базе российских нефтегазовых компаний

В рамках исследования, с учетом проведенного выше анализа авторами была предпринята попытка систематизировать сильные стороны, которыми обладают российские нефтегазовые компании как производители газохимической продукции, а также

слабые стороны, которые могут сдерживать реализацию этих проектов. Также в соответствии с традиционным подходом к проведению SWOT-анализа, представлены возможности и угрозы для развития подобных производств (табл. 4).

Таблица 3

Прогноз спроса на продукты газохимии в России и мире до 2030 г.*

Продукт	Мировой рынок			Российский рынок		
	производственные мощности в 2020 г., млн т	спрос на продукцию в 2020 г., млн т	совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) до 2030 г., %	производственные мощности в 2020 г., млн т	спрос на продукцию в 2020 г., млн т	совокупный среднегодовой темп роста (CAGR) до 2030 г., %
Этилен	194,1	168	3,2	4,2	4,1	10
Пропилен	150	116	3,5	1,8	Н/д	7,1
Полиэтилен	126	107	3,7	3,4	2,3	2,9
Полипропилен	90,3	76	4,1	1,8	1,4	3,4
БОПП-пленка	13,4	4,6	4,1	0,2	0,3	4,6
Полиэтилентерефталат	31,5	Н/д	3,4	0,6	0,7	1,8

* Составлено авторами на основе: [33–39]; Единый отчет за 2020 год ПАО «СИБУР Холдинг». 2020. URL: https://www.sibur.ru/sustainability/social_report/SIBUR_CR2020_RUS.pdf (дата обращения: 01.02.2022); Производство этилена в России в 2020 году выросло на 40 % // Rupec. 2021. URL: <https://rupec.ru/news/46298/> (дата обращения: 17.01.2022).



Рис. 2. Причины роста спроса на продукцию газохимии. Составлено авторами на основе: [40, 41]; World Urbanization Prospects. The 2019 Revision // United Nations. Department of Economic and Social Affairs. 2019. URL: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (дата обращения: 01.03.2022); World Population Prospects 2019 // United Nations. Department of Economic and Social Affairs. 2019. URL: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf (дата обращения: 16.02.2022)

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 4

SWOT-анализ российских нефтегазовых компаний как производителей газохимической продукции

S — сильные стороны	W — слабые стороны
<ol style="list-style-type: none"> 1. Значительные запасы нефти, конденсата и газа в России (на конец 2020 г. по нефти — 14,8 млрд т; по газу — 74,5 трлн м³; по газовому конденсату — 4 млрд т). 2. Наличие высококвалифицированных опытных кадров (в крупных нефтегазовых компаниях проводится специальная подготовка персонала и его постоянное обучение). 3. Наличие надежных партнеров, с которыми осуществляется долгосрочное сотрудничество в сфере строительства и ведения проектов. 4. Наличие действующей инфраструктуры для реализации проектов газохимии (система трубопроводов, доступ к электроэнергии, аэропорты и др.). 5. Возможность задействования собственных денежных средств для реализации проектов. 6. Возможность диверсификации бизнес-модели, снижение степени зависимости от волатильного нефтяного рынка 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Высокий уровень капитальных затрат на строительство ГПЗ и сопутствующей инфраструктуры (например, капитальные затраты на строительство Амурского ГПЗ оцениваются в 1 352,5 млрд руб.). 2. Отдаленность некоторых месторождений от магистрального газопровода, где пролонгирование его в сторону месторождения невозможно или нерентабельно. 3. Длительные сроки строительства ГПЗ (порядка 3–7 лет). 4. Низкая обеспеченность собственными технологиями и оборудованием газохимии (в России по состоянию на 2018 г. более 50 % импортного оборудования)
O — возможности	T — угрозы
<ol style="list-style-type: none"> 1. Рост спроса на продукцию газохимии. 2. Поддержка государства и использование льгот при строительстве на отдельных территориях РФ (например, Арктическая зона). 3. Возможность сотрудничества с действующими ГПЗ (например, с ГПЗ ПАО «СИБУР Холдинг»). 4. Возможность создания стратегических альянсов для совместного строительства ГПЗ (например, если месторождения компаний находятся рядом, а ГПЗ отсутствует). 5. Выход на экспортные рынки газохимической продукции. 6. Создание газохимических кластеров. 7. Улучшение экономических показателей деятельности компании за счет полезного использования ПНГ, а не сжигания его на факелах, а также за счет производства продукции с высокой добавленной стоимостью. 8. Поддержание стабильно высокого уровня утилизации ПНГ при наращивании объемов добычи нефти. 9. Формирование имиджа нефтегазовых компаний за счет соответствия принципам ресурсной эффективности и циркулярной экономики 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Развитие сектора газохимии в других странах (например, США, Китай, Узбекистан, Иран); усиление конкуренции или возникновение барьеров для экспорта. 2. Периодические общемировые экономические кризисы и, как следствие, падение спроса на продукцию газохимии. 3. Снижение уровня иностранных инвестиций в промышленные проекты из-за геополитических конфликтов. 4. Введение новых санкций по отношению к нефтегазовому сектору России. 5. Волатильность курса валют

* Составлено авторами на основе: [17, 42–44]; BP Statistical Review of World Energy 70th edition — Oil // BP. 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-oil.pdf> (дата обращения: 02.02.2022); Нефтегазовая отрасль получит новые льготы в Арктике // Arctic Russia. 2020. URL: <https://arctic-russia.ru/news/neftegazovaya-otrasl-poluchit-novye-lgoty-v-arktike/> (дата обращения: 01.03.2022); BP Statistical Review of World Energy 70th edition — Natural gas // BP. 2021. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-natural-gas.pdf> (дата обращения: 02.02.2022); Посещение объектов Газпрома на Дальнем Востоке и инвестиционное заключение по GAZP RX // General Invest. 2021. URL: <https://generalinvest.ru/analytics/poseschenie-obektov-gazproma-na-dalnem-vostoke.html> (дата обращения: 01.03.2022).

В целом можно заключить, что российские нефтегазовые компании имеют все предпосылки для того, чтобы стать сильными игроками на рынке газохимии. Значительные запасы нефти и ПНГ, а также возможности диверсификации портфеля компаний за счет новых направлений бизнеса делают развитие этого сегмента перспективным.

Значительные запасы сырья могут позволить российским нефтегазовым компаниям производить достаточно большие объемы газохимической продукции для удовлетворения внутренних потребностей и выхода на экспортные рынки. Такие производства

связаны с выпуском продукции с высокой добавленной стоимостью, что, в свою очередь, позволит улучшить экономические показатели деятельности компании, а также создать ряд межотраслевых эффектов. Следует отметить, что возможность улучшения экономических показателей требует проведения дополнительных расчетов, так как зависит от ряда факторов (производственная мощность ГПЗ, объем добычи ПНГ на месторождении, виды получаемой продукции, климатические условия региона, в котором планируется строительство ГПЗ, уровень производственных издержек, транспортных расходов и т. д.).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Действующая инфраструктура российских нефтегазовых компаний (наличие системы трубопроводов, доступ к электроэнергии, сопутствующая инфраструктура) может существенно помочь при создании газохимических производств и кластеров. Примерами могут служить Поволжский нефтегазохимический кластер (включает в себя производства в Татарстане, Башкирии, Нижегородской и Самарской областях), Западно-Сибирский нефтегазохимический кластер (расположен в Тюменской области). Действующие примеры газохимических кластеров в Арктической зоне отсутствуют, но на стадии планирования находится проект по развитию Ямальского кластера.

Необходимо отметить, что одним из главных сдерживающих факторов развития газохимических проектов является высокий уровень капитальных затрат на строительство ГПЗ и сопутствующей инфраструктуры. Снизить его влияние можно за счет подключения таких сильных сторон, как сотрудничество нефтегазовых компаний с действующими ГПЗ или создание стратегических альянсов по совместной реализации проектов. Это позволит распределить финансовую нагрузку, а также целый спектр сопутствующих рисков.

Для решения проблемы длительных сроков строительства ГПЗ необходим комплексный подход. Например, привлечение высококвалифицированных специалистов и консультантов, использование льгот и поддержки от государства (в случае, если территория, на которой планируется строительство, подразумевает это), задействование инструментов проектного финансирования и т. д.

Снизить влияние таких факторов, как введение санкций против нефтегазового сектора России и волатильность курса валют может ориентация на использование технологий и оборудования отечественного производства. Однако это возможно только в случае соответствующего уровня их развития, а также качества, производительности и стоимости.

Утилизация ПНГ за счет переработки в продукцию газохимии позволит поддерживать высокий уровень его полезного использования на отдельных месторождениях и в целом в России, а также доводить уровень его утилизации до целевого значения (95 %) и выше даже с учетом нарастания его добычи.

Глубокая переработка ПНГ соответствует принципам ресурсной эффективности, экономики замкнутого цикла и способствует формированию имиджа нефтегазовых компаний в сфере устойчивого развития. Это может повлиять на привлечение инвесторов для реализации промышленных проектов.

Заключение

Российские нефтегазовые компании достаточно давно активно занимаются вопросами полезного использования ПНГ и достигли в этом определенных успехов. В целом при постоянном нарастании объемов

добычи нефти и ПНГ, им удается сохранять достаточно высокий уровень утилизации попутного газа за последние 5 лет. На сегодняшний день на первый план выходит поиск более эффективных и обоснованных решений по полезному использованию ПНГ.

В исследовании был проведен анализ деятельности российских нефтегазовых компаний в сфере утилизации ПНГ. Были рассмотрены такие показатели, как уровень утилизации ПНГ, объемы его добычи, сжигания и полезного использования. Крупные нефтегазовые компании достигают высокого уровня утилизации попутного газа. Исключением являются компании с высокими объемами добычи ПНГ в абсолютном выражении (ПАО «Роснефть», ПАО «Газпром нефть»). При этом, объемы сжигания ПНГ на факелах в абсолютном выражении за последние несколько лет возрастают, это связано с тем, что компании не успевают развивать инфраструктуру для утилизации газа, а также с ростом нефтедобычи в России.

При анализе методов утилизации ПНГ, которые используют российские компании, было выявлено активное развитие производства продукции газохимии путем переработки ПНГ на ГПЗ. Несмотря на то, что это предполагает производство продукции с высокой добавленной стоимостью и может принести большой экономический эффект, многие компании продолжают использовать иные (более простые) методы утилизации ПНГ. В работе авторы предприняли попытку выделения сдерживающих факторов и ограничений развития газохимических производств в России.

Анализ рынка газохимии показал рост спроса на ее продукцию сегодня и перспективу роста спроса минимум до 2030 г. в России и в мире. Было выявлено, что увеличение спроса на продукты газохимии продолжится под влиянием таких факторов, как рост мировой населения, рост его благосостояния, продолжение урбанизации и увеличение замещения материалов. Это подтверждает своевременность и актуальность развития данного направления.

Для оценки перспектив создания газохимических производств на базе российских нефтегазовых компаний были систематизированы сильные стороны, которыми они обладают как производители газохимической продукции, и слабые стороны, которые могут сдерживать реализацию таких проектов, а также возможности и угрозы.

По результатам проведенного SWOT-анализа можно подчеркнуть, что российские компании имеют все предпосылки для развития газохимического направления. Для промышленного и социально-экономического развития северных территорий актуальным является вопрос создания таких производств в Арктике. Однако необходимо оценивать сопутствующие риски, а также климатические условия региона.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Одной из потенциальных локаций строительства ГПЗ в Арктике может являться район города Новый Уренгой в Ямало-Ненецком автономном округе, где находится группа Мессояхских месторождений. АО «Мессояханефтегаз» — совместное предприятие ПАО «Роснефть» и ПАО «Газпром нефть». На Мессояхских месторождениях добывается порядка 2 млрд м³ ПНГ в год. Для данного месторождения вопрос утилизации ПНГ является актуальным, так как в настоящее время происходит закачка ПНГ в подземное хранилище газа (ПХГ). На сегодняшний день не принято решение о способе его использования из ПХГ. В предыдущих исследованиях авторами было проведено сравнение

экономической эффективности таких способов утилизации ПНГ, как закачка в пласт и утилизация за счет производства продукции газохимии. Результаты расчетов показали, что создание газохимического производства является более экономически эффективным способом для Мессояхских месторождений [45].

Дальнейшие исследования авторов будут направлены на обоснование экономической эффективности создания газохимических производств на различных территориях и с поставкой ПНГ с разных месторождений. Особое внимание будет уделено арктическим и северным территориям, а также возможностям создания газохимических кластеров.

Список источников

1. Экономически целесообразные наилучшие доступные технологии снижения выбросов черного углерода от факельного сжигания попутного нефтяного газа: Инициатива ЕС по черному углероду в Арктике: технический отчет 3. Октябрь 2019. С. 47.
2. Алтунина Л. К. и др. Загрязнение окружающей среды при сжигании попутного нефтяного газа на территории нефтедобывающих предприятий // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Vol. 22. С. 217–222.
3. Кирюшин П. А. и др. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» // Аналитический доклад об экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. 2013. С. 88.
4. Significant Economic and Environmental Gains Can Be Achieved By Applying Best Available Technology in The Oil Sector in The Arctic // Arctic Council. 2020. URL: <https://arctic-council.org/ru/news/best-available-technology-in-the-oil-sector-in-the-arctic/> (дата обращения: 10.02.2022).
5. Associated Petroleum Gas Utilisation in Russia // WWF. 2017. URL: <https://www.sibur.ru/upload/iblock/a70/a70036cc7e90e0b2be004a04efb7bf3a.pdf> (дата обращения: 28.01.2022).
6. Шевелева Н. А. Эколого-экономические подходы к оценке процессов сжигания и утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) // Научный журнал Российского газового общества. 2020. Vol. 2. С. 48–55.
7. Ozdoeva A. Kh. Formation of the principles for assessing the environmental processes of the use of petroleum gas // Problems of Economics and Management of Oil and Gas Complex. 2020. No. 11. P. 7–10. DOI: 10.33285/1999-6942-2020-11(191)-7-10
8. Okoro E. E. et al. Gas flaring, ineffective utilization of energy resource and associated economic impact in Nigeria: Evidence from ARDL and Bayer-Hanck cointegration techniques // Energy Policy. 2021. Vol. 153. P. 112260. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112260
9. Beigiparast S. et al. Flare gas reduction in an olefin plant under different start-up procedures // Energy. 2021. Vol. 214. P. 118927. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118927
10. Morenov V. et al. System of Comprehensive Energy-Efficient Utilization of Associated Petroleum Gas with Reduced Carbon Footprint in the Field Conditions // Energies. 2020. Vol. 13, no. 18. P. 4921. DOI: 10.3390/en13184921
11. Шевелева Н. А. Управление проектами по утилизации попутного нефтяного газа // Экономика промышленности. 2014. № 4. С. 4–8. DOI: 10.17073/2072-1633-2014-4-4-8
12. Щерба В. А., Гомес А. Ш. С., Воробьев К. А. Проблемы и перспективы утилизации попутного нефтяного газа в Российской Федерации // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 139–144. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-11139
13. Крестьянинова К. С. Правовые проблемы утилизации попутного нефтяного газа и пути их решения // Студенческий вестник. 2021. № 42–1 (186). С. 62–64.
14. Пивкин М. И. Проблемные аспекты правового регулирования попутного (нефтяного) газа в Российской Федерации // Обмен знаниями в образовательном процессе. 2021. С. 29–38.
15. Strizhenok A. V, Korelskiy D.S. Ecological and economic justification of the utilization of associated petroleum gas at small oil fields of Russia // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1384, no. 1. P. 012053. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012053
16. Novikova A. et al. New Technologies For Utilization Of Associated Petroleum Gas In Mature Fields With No Transport Infrastructure. 2020. С. 357–364. DOI: 10.5593/sgem2020/5.2/s21.044
17. Mousavi S. M. et al. Technical, economic, and environmental assessment of flare gas recovery system: a case study // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 2020. P. 1–13. DOI: 10.1080/15567036.2020.1737597

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

18. Сигиневич Д. А., Ефимова А. Н. Переработка попутного нефтяного газа как ресурс развития газонефтехимической отрасли в Российской Федерации // Вестник Евразийской науки. 2018. Vol. 10, № 5. С. 43.
19. Сасаев Н. И., Квинт В. Л. Обоснование развития газоперерабатывающего и газохимического производства как стратегического приоритета развития экономики России // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 5. С. 102–116. DOI: 10.18721/JE.12508
20. Miśkiewicz R. Efficiency of Electricity Production Technology from Post-Process Gas Heat: Ecological, Economic and Social Benefits // Energies. 2020. Vol. 13, № 22. P. 6106. DOI: 10.3390/en13226106
21. Наливайченко Е. В., Тишков С. В. Анализ энергоэффективности экономики Арктической зоны России в контексте достижения целей устойчивого развития // Сборник научных трудов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / ред. С. П. Кирильчук Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография “Ариал”», 2021. С. 204–209.
22. Гимаева А. Р., Хасанов И. И. Перспективные методы утилизации попутного нефтяного газа на морских платформах // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 2. С. 14–18. DOI: 10.24411/0131-4270-2019-10203
23. Shakhovskaya L., Timonina V. Management of Associated Petroleum Gas: Environmental and Economic Aspects // Noble International Journal of Economics and Financial Research. 2020. Vol. 5, no. 7. P. 74–79.
24. Gorlenko N. v, Murzin M. A. Environmental and Economic Rationale for the Use of Associated Petroleum Gas Using the Example of Fields in Eastern Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459, no. 2. P. 022042. DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022042
25. Shigarov A. Modeling of low temperature steam reforming of flare gas to methane-rich fuel gas on Ni catalyst in different types of reactors // Chemical Engineering Journal. 2020. Vol. 397. P. 125313. DOI: 10.1016/j.cej.2020.125313
26. Turysheva A. V., Gulkov Y. V., Krivenko A. V. Improving energy performance of the oil and gas industry by applying technologies for the use of associated petroleum gas // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019. 2020. Vol. 1. DOI: 10.1201/9781003014577-56
27. Голубева И. А., Родина И. В. Газоперерабатывающие предприятия России. Сургутское управление по переработке газа (ОАО «Сургутнефтегаз») // Нефтегазохимия. 2017. № 3. P. 33–38.
28. Мосоян М., Коровяков А. Арктический ПНГ: сжигать нельзя утилизировать // VYGON Consulting. 2020. URL: <https://oilcapital.ru/article/general/12-11-2020/arkticheskiy-png-szhigat-nelzya-utilizirovat?amp=1> (дата обращения: 14.02.2022).
29. Вяткин Ю. Л. и др. Перспективные направления химической переработки углеводородного сырья // Neftegaz.RU. 2020.
30. 2020 oil, gas, and chemical industry outlook // Deloitte. 2020. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-2020-outlook-ogc.pdf> (дата обращения: 17.01.2022).
31. Mohan S. V., Katakowala R. The circular chemistry conceptual framework: A way forward to sustainability in industry 4.0 // Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry. 2021. Vol. 28. P. 100434. DOI: 10.1016/j.cogsc.2020.100434
32. Брагинский О. Б. Реализация проектов — путь к устойчивому развитию российской нефтегазохимической промышленности // НефтеГазоХимия. 2018. № 2. P. 5–13. DOI: 10.24411/2310-8266-2018-10201
33. Plotkin J. S. Crude Oil to Chemicals Complexes and Now Gas to Chemicals Complexes? Life is Sure Getting Complex! // IHS Markit. 2021. URL: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/gas-to-chemicals-complexes.html> (дата обращения: 18.02.2022).
34. Шураков А. Пластичные перспективы. Прогноз развития производства полимеров в России // НКР. 2020. URL: https://ratings.ru/files/research/corps/NCR_Plastics_Dec2020.pdf (дата обращения: 18.02.2022).
35. Волкова А. В. Рынок крупнотоннажных полимеров // Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики. 2020. URL: <https://dcenter.hse.ru/data/2020/07/07/1595325171/Рынок%20крупнотоннажных%20полимеров-2020.pdf> (дата обращения: 28.01.2022).
36. Дыменко М. Российский рынок ПЭТФ — борьба за сырье // RCC. 2021. URL: <http://rcc.ru/article/rossiyskiy-rynok-petf-zhdet-borba-za-syre-81608> (дата обращения: 23.03.2022).
37. Meazza L. Global Polyethylene Outlook // ICIS. 2020. URL: <https://cjp-rbi-icis.s3.eu-west-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/10/13191451/Global-Polyethylene-Outlook.pdf> (дата обращения: 27.02.2022).
38. Galiè F. Global Polypropylene Outlook // ICIS. 2020. URL: <https://cjp-rbi-icis.s3.eu-west-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/10/13191452/Gobal-Polypropylene-Outlook.pdf> (дата обращения: 27.02.2022).
39. BOPP Films Market Analysis: Plant Capacity, Production, Operating Efficiency, Technology, Demand & Supply, Application, Distribution Channel, Regional Demand, 2015-2030. 2021. URL: <https://www.chemanalyst.com/industry-report/bopp-films-market-648> (дата обращения: 23.02.2022).
40. Kuptsov N. V., Samodurov M.S. State support for petrochemicals and investments in Russian Arctic opens up new opportunities for the development of hydrocarbon resource base // PROneft'. Professional'no o nefti. 2021. Vol. 6, no. 2. P. 99–106. DOI: 10.51890/2587-7399-2021-6-2-99-106

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

41. Current World Population // Worldometer. 2022. URL: <https://www.worldometers.info/world-population/> (дата обращения: 16.02.2022).
42. Samylovskaya E. et al. Transformation of the Personnel Training System for Oil and Gas Projects in the Russian Arctic // Resources. 2020. Vol. 9, no. 11. P. 137. DOI: 10.3390/resources9110137
43. Обучение и развитие персонала ПАО «Лукойл» // Официальный сайт ПАО «Лукойл». URL: <https://lukoil.ru/Sustainability/Ouremployees/PersonnelDevelopment> (дата обращения: 01.03.2022).
44. Yumayev M. M. Associated Petroleum Gas: Methodological Issues of Accounting and Use of Fiscal Potential // Economics, taxes, law. 2021. Vol. 14, no. 4. P. 130–140. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-130-140
45. Герман А. П. Утилизация ПНГ: новые возможности в условиях циркулярной экономики (на примере Мессояхских месторождений) // Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов. Санкт-Петербург. 2021. С. 187–189.

References

1. Ekonomicheski celesoobraznye nailuchshie dostupnye tekhnologii snizheniya vybrosov chernogo ugleroda ot fakel'nogo szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza: Iniciativa ES po chernomu uglerodu v Arktike: tekhnicheskij otchet 3. Oktyabr' 2019 [Economically feasible best available technologies for reducing black carbon emissions from the flaring of associated petroleum gas: The EU initiative on black carbon in the Arctic: Technical Report 3. October 2019], pp. 47. (In Russ.).
2. Altunina L. K., Svarovskaya L. I., Yashchenko I. G., Alekseeva M. N. Zagryaznenie okruzhayushchej sredy pri szhiganii poputnogo neftyanogo gaza na territorii nefte dobyvayushchih predpriyatij [Environmental pollution caused by the combustion of associated petroleum gas on the territory of oil-producing enterprises]. *Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya* [Chemistry for sustainable development], 2014, vol. 22, pp. 217–222. (In Russ.).
3. Kiryushin P. A., Knizhnikov A. Yu., Kochi K. V., Puzanova T. A., Uvarov S. A. Poputnyj neftyanoj gaz v Rossii: "Szhigat' nel'zya, pererabatyvat'!" [Associated petroleum gas in Russia: "You can't burn it, recycle it!"], *Analiticheskij doklad ob ekonomicheskikh i ekologicheskikh izderzhkah szhiganiya poputnogo neftyanogo gaza v Rossii* [Analytical report on the economic and environmental costs of burning associated petroleum gas in Russia], 2013, 88 pp. (In Russ.).
4. Significant Economic and Environmental Gains Can Be Achieved By Applying Best Available Technology in The Oil Sector in The Arctic, Arctic Council, 2020. Available at: <https://arctic-council.org/ru/news/best-available-technology-in-the-oil-sector-in-the-arctic/> (accessed: 10.02.2022).
5. Associated Petroleum Gas Utilisation in Russia, WWF. 2017. Available at: <https://available.at.sibur.ru/upload/iblock/a70/a70036cc7e90e0b2be004a04efb7bf3a.pdf> (accessed: 28.01.2022).
6. Sheveleva N. A. Ekologo-ekonomicheskie podhody k ocenke processov szhiganiya i utilizacii poputnogo neftyanogo gaza (PNG) [Ecological and economic approaches to the assessment of the processes of combustion and utilization of associated petroleum gas (APG)], *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo gazovogo obshchestva* [Scientific Journal of the Russian Gas Society], 2020, vol. 2, pp. 48–55. (In Russ.).
7. Ozdoeva A. Kh. Formation of the principles for assessing the environmental processes of the use of petroleum gas. *Problems of Economics and Management of Oil and Gas Complex*, 2020, no. 11, pp. 7–10. DOI: 10.33285/1999-6942-2020-11(191)-7-10
8. Okoro E. E., Adeleye B. N., Okoye L. U., Maxwell O. Gas flaring, ineffective utilization of energy resource and associated economic impact in Nigeria: Evidence from ARDL and Bayer-Hanck cointegration techniques. *Energy Policy*, 2021, vol. 153, pp. 112260. DOI: 10.1016/j.enpol.2021.112260
9. Beigiparast S., Tahouni N., Abbasi M., Panjeshahi M.H. Flare gas reduction in an olefin plant under different start-up procedures. *Energy*, 2021, vol. 214, pp. 118927. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118927
10. Morenov V., Leusheva E., Buslaev G., Gudmestad O. T. System of Comprehensive Energy-Efficient Utilization of Associated Petroleum Gas with Reduced Carbon Footprint in the Field Conditions. *Energies*, 2020, vol. 13, no. 18, pp. 4921. DOI: 10.3390/en13184921
11. Sheveleva N. A. Upravlenie proektami po utilizacii poputnogo neftyanogo gaza [Management of associated petroleum gas utilization projects], *Ekonomika promyshlennosti* [Industrial economics], 2014, no.4, pp. 4–8. DOI: 10.17073/2072-1633-2014-4-4-8. (In Russ.).
12. Shcherba V. A., Gomes A. Sh. S., Vorobev K. A. Problemy i perspektivy utilizacii poputnogo neftyanogo gaza v Rossijskoj Federacii [Problems and prospects of associated petroleum gas utilization in the Russian Federation], *Problemy regional'noj ekologii* [Problems of regional ecology], 2019, no. 1, pp. 139–144. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-11139. (In Russ.).
13. Krestyaninova K. S. Pravovye problemy utilizacii poputnogo neftyanogo gaza i puti ih resheniya [Legal problems of associated petroleum gas utilization and ways to solve them], *Studencheskij vestnik* [Student Bulletin], 2021, no. 42–1 (186), pp. 62–64. (In Russ.).

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

14. Pivkin M. I. Problemnye aspekty pravovogo regulirovaniya poputnogo (neftyanogo) gaza v Rossijskoj Federacii [Problematic aspects of the legal regulation of associated (petroleum) gas in the Russian Federation], *Obmen znaniyami v obrazovatel'nom processe* [Knowledge exchange in the educational process], 2021, pp. 29–38. (In Russ.).
15. Strizhenok A. V, Korelskiy D. S. Ecological and economic justification of the utilization of associated petroleum gas at small oil fields of Russia. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019, vol. 1384, no. 1, pp. 012053. DOI: 10.1088/1742-6596/1384/1/012053
16. Novikova A., Eremenko O., Vashuk I., Kuryakova T. New Technologies For Utilization Of Associated Petroleum Gas In Mature Fields With No Transport Infrastructure, 2020, pp. 357–364. DOI: 10.5593/sgem2020/5.2/s21.044
17. Mousavi S. M., Lari K., Salehi G., Torabi A. M. Technical, economic, and environmental assessment of flare gas recovery system: a case study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2020, pp. 1–13. DOI: 10.1080/15567036.2020.1737597
18. Siginevich D. A., Efimova A. N. Pererabotka poputnogo neftyanogo gaza kak resurs razvitiya gazoneftekhimicheskoy otrasli v rossijskoj Federacii [Processing of associated petroleum gas as a resource for the development of the gas and petrochemical industry in the Russian Federation], *Vestnik Evrazijskoj nauki* [Bulletin of Eurasian Science], 2018, vol. 10, no. 5, pp. 43. (In Russ.).
19. Sasaev N. I., Kvint V. L. Obosnovanie razvitiya gazopererabatyvayushchego i gazohimicheskogo proizvodstva kak strategicheskogo prioriteta razvitiya ekonomiki Rossii [Substantiation of the development of gas processing and gas chemical production as a strategic priority of the development of the Russian economy], *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki* [Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic sciences], 2019, vol. 12, no. 5, pp. 102–116. DOI: 10.18721/JE.12508. (In Russ.).
20. Miśkiewicz R. Efficiency of Electricity Production Technology from Post-Process Gas Heat: Ecological, Economic and Social Benefits. *Energies*, 2020, vol. 13, no. 22, pp. 6106. DOI: 10.3390/en13226106
21. Nalivajchenko E. V., Tishkov S. V. Analiz energoeffektivnosti ekonomiki Arkticheskoy zony Rossii v kontekste dostizheniya celej ustojchivogo razvitiya [Analysis of the energy efficiency of the economy of the Arctic zone of Russia in the context of achieving sustainable development goals], *Sbornik nauchnyh trudov VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* [Collection of scientific papers of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation], 2021, pp. 204–209. (In Russ.).
22. Gimaeva A. R., Hasanov I. I. Perspektivnye metody utilizacii poputnogo neftyanogo gaza na morskikh platformah [Promising methods of utilization of associated petroleum gas on offshore platforms], *Transport i hranenie nefteproduktov i uglevododorodnogo syrya* [Transportation and storage of petroleum products and hydrocarbon raw materials], 2019, no. 2, pp. 14–18. DOI: 10.24411/0131-4270-2019-10203. (In Russ.).
23. Shakhovskaya L., Timonina V. Management of Associated Petroleum Gas: Environmental and Economic Aspects. *Noble International Journal of Economics and Financial Research*, 2020, vol. 5, no. 7, pp. 74–79.
24. Gorlenko N. V., Murzin M. A. Environmental and Economic Rationale for the Use of Associated Petroleum Gas Using the Example of Fields in Eastern Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 459, no. 2, pp. 022042. DOI: 10.1088/1755-1315/459/2/022042
25. Shigarov A. Modeling of low temperature steam reforming of flare gas to methane-rich fuel gas on Ni catalyst in different types of reactors. *Chemical Engineering Journal*, 2020, vol. 397, pp. 125313. DOI: 10.1016/j.cej.2020.125313
26. Turysheva A. V., Gulkov Y. V., Krivenko A. V. Improving energy performance of the oil and gas industry by applying technologies for the use of associated petroleum gas. *Topical Issues of Rational Use of Natural Resources 2019*, 2020, vol. 1. DOI: 10.1201/9781003014577-56
27. Golubeva I. A., Rodina I. V. Gazopererabatyvayushchie predpriyatiya Rossii. Surgutskoe upravlenie po pererabotke gaza (OAO "Surgutneftegaz") [Gas processing enterprises of Russia. Surgut Gas Processing Department (OJSC "Surgutneftegaz")], *Neftegazohimiya* [Oil and gas chemistry], 2017, no. 3, pp. 33–38. (In Russ.).
28. Mosoyan M., Korovyakov A. *Arkticheskij PNG: szhigat' nel'zya utilizirovat'* [Arctic APG: it is impossible to burn, dispose of it], *VYGON Consulting* [VYGON Consulting], 2020. (In Russ.). Available at: <https://oilcapital.ru/article/general/12-11-2020/arkticheskij-png-szhigat-nelzya-utilizirovat?amp=1> (accessed: 14.02.2022).
29. Vyatkin Y. L., Lishchiner I. I., Sinicyn S. A., Kuzmin A. M. Perspektivnye napravleniya himicheskoy pererabotki uglevododorodnogo syrya [Promising directions of chemical processing of hydrocarbon raw materials]. *Neftegaz.RU* [Neftegaz.RU], 2020. (In Russ.).
30. 2020 oil, gas, and chemical industry outlook. Deloitte. 2020. Available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/energy-resources/us-2020-outlook-ogc.pdf> (accessed: 17.01.2022).
31. Mohan S. V., Katakowala R. The circular chemistry conceptual framework: A way forward to sustainability in industry 4.0. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2021, vol. 28, pp. 100434. DOI: 10.1016/j.cogsc.2020.100434

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

32. Braginskij O. B. Realizaciya proektov — put' k ustojchivomu razvitiyu rossijskoj neftegazohimicheskoj promyshlennosti [Project implementation is the way to sustainable development of the Russian petrochemical industry], *NefteGazoHimiya* [Oil and gas chemistry], 2018, no.2, pp. 5–13. DOI: 10.24411/2310-8266-2018-10201. (In Russ.).
33. Plotkin J. S. Crude Oil to Chemicals Complexes and now Gas to Chemicals Complexes? Life is sure getting complex! IHS Markit, 2021. Available at: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/gas-to-chemicals-complexes.html> (accessed: 18.02.2022).
34. Shurakov A. *Plastichnye perspektivy. Prognoz razvitiya proizvodstva polimerov v Rossii* [Plastic perspectives. Forecast for the development of polymer production in Russia]. *NKR* [NKR], 2020. (In Russ.). Available at: https://ratings.ru/files/research/corps/NCR_Plastics_Dec2020.pdf (accessed: 18.02.2022).
35. Volkova A. V. *Rynok krupnotonnazhnyh polimerov* [The market of large-tonnage polymers]. *Nacional'nyj issledovatel'skij universitet Vysshaya shkola ekonomiki* [National Research University High School of Economics], 2020. (In Russ.). Available at: <https://dcenter.hse.ru/data/2020/07/07/1595325171/Рынок%20крупнотоннажных%20полимеров-2020.pdf> (accessed: 28.01.2022).
36. Dybenko M. *Rossiyskiy rynek PETF — bor'ba za syr'ye* [The Russian PET market — the struggle for raw materials]. *RCC* [RCC], 2021. (In Russ.). Available at: <http://rcc.ru/article/rossiyskiy-rynek-petf-zhdet-borba-za-syre-81608> (accessed: 23.03.2022).
37. Meazza L. Global Polyethylene Outlook. ICIS, 2020. Available at: <https://cjp-rbi-icis.s3.eu-west-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/10/13191451/Global-Polyethylene-Outlook.pdf> (accessed: 27.02.2022).
38. Galiè F. Global Polypropylene Outlook. ICIS, 2020. Available at: <https://cjp-rbi-icis.s3.eu-west-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/sites/7/2020/10/13191452/Gobal-Polypropylene-Outlook.pdf> (accessed: 27.02.2022).
39. BOPP Films Market Analysis: Plant Capacity, Production, Operating Efficiency, Technology, Demand & Supply, Application, Distribution Channel, Regional Demand, 2015–2030, 2021. Available at: <https://www.chemanalyst.com/industry-report/bopp-films-market-648> (accessed: 23.02.2022).
40. Kuptsov N. V., Samodurov M. S. State support for petrochemicals and investments in Russian Arctic opens up new opportunities for the development of hydrocarbon resource base. *PROneft'*. Professional'no o nefti, 2021, vol. 6, no. 2, pp. 99–106. DOI: 10.51890/2587-7399-2021-6-2-99-106
41. Current World Population. Worldometer. 2022. Available at: <https://available.at.worldometers.info/world-population/> (accessed: 16.02.2022).
42. Samylovskaya E., Kudryavtseva R. E., Medvedev D., Grinyaev S., Nordmann A. Transformation of the Personnel Training System for Oil and Gas Projects in the Russian Arctic. *Resources*, 2020, vol. 9, no. 11, pp. 137. DOI: 10.3390/resources9110137
43. *Obucheniye i razvitiye personala PAO "Lukoil"* [Training and development of personnel of PJSC Lukoil]. *Lukoil* [Lukoil]. (In Russ.). Available at: <https://lukoil.ru/Sustainability/Ouremployees/PersonnelDevelopment> (accessed: 01.03.2022).
44. Yumayev M. M. Associated Petroleum Gas: Methodological Issues of Accounting and Use of Fiscal Potential. *Economics, taxes, law*, 2021, vol. 14, no. 4, pp. 130–140. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-130-140
45. German A. P. Utilizaciya PNG: novye vozmozhnosti v usloviyah cirkulyarnoj ekonomiki (na primere Messoyahskih mestorozhdenij) [APG utilization: new opportunities in a circular economy (using the example of the Messoyakh deposits)]. *Tezisy dokladov XIX Vserossijskoj konferencii-konkursa studentov i aspirantov* [Theses of the reports of the XIX All-Russian conference-competition of students and postgraduates], 2021, pp. 187–189. (In Russ.).

Об авторах:

А. П. Рядинская — магистр;

А. А. Череповицына — канд. экон. наук, доцент.

About the authors:

Arina P. Riadinskaia — Master's Degree Student;

Alina A. Cherepovitsyna — PhD (Economics), Associate Professor.

Статья поступила в редакцию 15 апреля 2022 года.

Статья принята к публикации 13 мая 2022 года.

The article was submitted on April 15, 2022.

Accepted for publication on May 13, 2022.