

Научная статья

УДК 338 + 339.9 + 622.32

doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.003

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА: ПРИОРИТЕТЫ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ

**Александр Алексеевич Ильинский¹, Ольга Владимировна Калинина², Марс Магнавиевич Хасанов³,
Михаил Владимирович Афанасьев⁴, Александра Александровна Сaitова⁵**

^{1, 2, 4, 5}Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

³«Газпром нефть», Санкт-Петербург, Россия

¹alex.ilinsky@bk.ru, ORCID 0000-0002-7803-9146

²olgakalinina@bk.ru, ORCID 0000-0002-4617-2823

³Khasanov.MM@gazprom-neft.ru

⁴afanasev_mv@spbstu.ru

⁵saitova.aleks@gmail.com

Аннотация. К числу актуальных приоритетов развития нефтегазового комплекса (НГК) России, определяющих его конкурентоспособность на международном рынке углеводородов, относятся возможности и темпы его декарбонизации. Развитие процессов декарбонизации НГК страны на современном этапе требует решения ряда научно-методических и прикладных задач. По результатам обзора современных отечественных и зарубежных подходов обоснованы методологические положения, определяющие содержание и структуру категории декарбонизации в НГК. Декарбонизация в системе мирового хозяйства определяется как системный ответ на планетарное изменение климата; в системе национальной экономики (энергетики) — как долгосрочный социально-экономический тренд (закономерность) снижения углеродоемкости валового внутреннего продукта (ВВП); в системе НГК — как системный процесс его трансформации в национальной энергетике; в системе отраслевого менеджмента — как процесс комплексного, взаимосвязанного использования разноплановых (в том числе и принципиально новых) методов решений и технологий из различных отраслей и областей знаний. На основе системного анализа проблемного поля уточнены стратегические цели и приоритеты развития НГК в рамках парадигмы низкоуглеродного развития в системе мировой энергетики. Исследованы методы и инструменты действующих и находящихся в разработке и на утверждении законодательных документов, предложен подход формирования организационно-экономических механизмов, обеспечивающих эффективное и устойчивое развитие НГК в условиях декарбонизации.

Ключевые слова: парадигма устойчивого развития, категория декарбонизации, нефтегазовый комплекс, низкоуглеродное развитие, энергопереход отрасли, организационные модели развития

Для цитирования: Декарбонизация нефтегазового комплекса: приоритеты и организационные модели развития / А. А. Ильинский и др. // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 1. С. 33–46. doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.003

Original article

DECARBONIZATION OF THE OIL AND GAS COMPLEX: PRIORITIES AND ORGANIZATIONAL MODELS OF DEVELOPMENT

Alexander A. Ilyinsky¹, Olga V. Kalinina², Mars M. Khasanov³, Mikhail V. Afanasiev⁴, Alexandra A. Saitova⁵

^{1, 2, 4, 5}Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

³Gazprom Neft, Saint Petersburg, Russia

¹alex.ilinsky@bk.ru, ORCID 0000-0002-7803-9146

²olgakalinina@bk.ru, ORCID 0000-0002-4617-2823

³Khasanov.MM@gazprom-neft.ru

⁴afanasev_mv@spbstu.ru

⁵saitova.aleks@gmail.com

Abstract. Among the current priorities for the development of the Russian oil and gas complex, which determine its competitiveness in the international hydrocarbon market, are its capabilities and the pace of its decarbonization. The development of decarbonization processes at the present requires the solution of a number of scientific, methodological and applied problems. Based on the results of a review of modern domestic and foreign approaches, methodological

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

provisions are substantiated that determine the content and structure of the decarbonization category in the oil and gas complex. Decarbonization in the world economy system is defined as a systemic response to planetary climate change. In the system of the national economy (energy) — as a long-term socio-economic trend (pattern) of reducing the carbon intensity of GDP. In the system of the oil and gas complex — as a systemic process of its transformation in the national energy sector. In the system of industry management — as a process of complex, interconnected use of diverse (including fundamentally new) methods of solutions and technologies from various industries and fields of knowledge. Based on a systematic analysis of the problem field, the strategic goals and priorities for the development of the oil and gas complex have been clarified within the framework of the low-carbon development paradigm in the global energy system. The methods and tools of existing and being in the development and approval legislative documents have been studied. We proposed an approach to the formation of organizational and economic mechanisms that ensure the effective and sustainable development of the oil and gas complex in the context of decarbonization.

Keywords: sustainable development paradigm, decarbonization category, oil and gas complex, low-carbon development, industry energy transition, organizational development models

For citation: Ilyinsky A. A., Kalinina O. V., Khasanov M. M., Afanasiev M. V., Saitova A. A. Decarbonization of the oil and gas complex: priorities and organizational models of development. Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poriyadka [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2022, no. 1, pp. 33–46. doi:10.37614/2220-802X.1.2022.75.003

Введение

В условиях нарастающих вызовов и проблем, стоящих перед современной нефтегазовой отраслью, все более пристальное внимание государства и компаний уделяется вопросам изменения климата, снижению углеродного следа и энергопереходу к более безопасным и экологически чистым источникам энергии. Такие принципиальные изменения связаны с осознанием международным сообществом новой парадигмы устойчивого развития человеческого потенциала.

Основы международной климатической политики заложены в 1992 г. Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК), конечная цель которой состоит в стабилизации концентраций парниковых газов (ПГ) в атмосфере на уровне, исключающем опасное антропогенное воздействие на климатическую систему. Ключевые направления декарбонизации определены Парижским соглашением (2015 г.), они предусматривают: «митигацию (mitigation) — предотвращение глобальных климатических изменений путем сокращения выбросов и увеличения поглощений ПГ; адаптацию — предотвращение негативных последствий климатических изменений; перераспределение глобальных финансовых потоков для поддержки мер по адаптации и митигации рисков» [1].

В этих условиях складывается новая модель современного глобального энергетического рынка, которая, помимо развития конкуренции между нефтяными, газовыми и угольными компаниями, предусматривает развитие новых перспективных участников рынка, производящих энергию с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — ветряной, солнечной и гидротермальной, а также водородной, рассматриваемых как наиболее «углероднейтральные» источники энергоресурсов

и, как следствие, выступающих потенциальными претендентами на свою долю энергодоходов.

Современные тенденции развития основных глобальных нефтегазовых компаний состоят в том, что государственные регуляторы оказывают все большее давление на нефтегазовые компании, требуя снижения углеродного следа их продукции. При этом зачастую доля традиционных активов, представленных разрабатываемыми месторождениями углеводородов, замещается активами, реализующими проекты декарбонизации.

Так, следствием принятых Европейским союзом нормативно-правовых актов в сфере декарбонизации является ухудшение конкурентных позиций отечественных нефтегазовых компаний. Планируемое ведение механизма трансграничной углеродной корректировки (CBAM — Carbon Boarder Adjustment Mechanism) устанавливает дополнительную финансовую нагрузку для импорта нефти и газа [2, 3].

В настоящее время нефтегазовые компании по всему миру всё более активно внедряют декарбонизацию в систему производственной деятельности [2–8]. Темпы принятия решений по декарбонизации каждой компании зависят как от масштабов и сложности технологических систем производства энергии (добычи полезных ископаемых, генерации энергии, секвестрации ПГ), так и от способности компаний к быстрой трансформации.

Это, в свою очередь, напрямую связано с системой стратегического планирования компаний и мобильности управления инвестиционными потоками. Критериями здесь служат целевые показатели декарбонизации производства компании, а также развитие добровольной корпоративной системы мониторинга и независимого аудита ПГ с раскрытием «климатической отчетности» [9].

При этом, согласно исследованиям, проведенным в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого, современные

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

процессы освоения ресурсов нефти и газа сопровождаются перемещением центров добычи в труднодоступные и арктические регионы с одной стороны и увеличением доли нетрадиционных и трудноизвлекаемых нефтегазовых объектов с другой [2, 10, 11]. Это, в свою очередь, вызывает рост не только удельных капиталовложений, но и экологических последствий освоения углеводородных ресурсов. Так, следствием перехода к освоению нефти и газа истощенных объектов в плотных коллекторах, битуминозной и сланцевой нефти, а также сверхвысоковязкой нефти является увеличение как удельных (на тонну добываемой нефти), так и абсолютных объемов эмиссии ПГ, что актуализирует проблему декарбонизации отрасли в современных условиях.

Таким образом, анализ зарубежных и отечественных процессов декарбонизации позволяет определить декарбонизацию как основной тренд развития энергетики в XXI в. и выявить дальнейшие перспективы для развития российского энергетического сектора, что делает вопросы научного и методического обоснования декарбонизации НГК Российской Федерации крайне актуальными. Достигнутый прогресс в технологиях декарбонизации допускает рентабельное развитие целого ряда направлений и проектов по снижению углеродного следа, включая утилизацию вторичных энергетических ресурсов, монетизацию метана, развитие газохимического направления утилизации газа, промышленного улавливания и секвестрации CO₂ и т. д.

Целью статьи является исследование проблемного поля и целевых приоритетов компаний энергетического сектора и разработка подхода формирования организационно-экономического механизма устойчивого развития НГК в условиях декарбонизации мировой энергетики. В процессе исследования, проведенного авторами из ПАО «Газпромнефть» и Санкт-Петербургского университета Петра Великого, были поставлены и решены следующие задачи: 1) уточнена категория и место декарбонизации НГК, выполнен системный анализ проблемного поля ее развития; 2) исследованы организационные схемы и модели декарбонизации, определены рекомендации по научно-техническому объединению усилий разработчиков технологий, добывающих и сервисных компаний, а также инвесторов в рамках специализированного кластера технологии водородной энергетики, промышленного улавливания и секвестрации CO₂.

Методологические основы декарбонизации

Следует отметить, что в научном, организационно-технологическом и экономическом аспектах декарбонизация НГК относится к классу

сложно структурируемых народно-хозяйственных проблем, где число задач многократно превышает число научно-обоснованных решений.

В этой связи целесообразным является принятие специалистами отрасли единого понимания ее содержания и целей. В наиболее общем понимании декарбонизация характеризуется как процесс энергоперехода глобальной энергетики, направленный на снижение углеродоемкости мирового ВВП путем сокращения выбросов и секвестрации ПГ, замещения ископаемого топлива в энергобалансе на ВИЭ, развитие энергоэффективных технологий и др. [2, 6, 9, 12, 13].

На настоящий момент в зарубежном научном сообществе достигнут существенный прогресс в понимании категории и процессов, определяющих декарбонизацию [7, 14–18]. Однако эти исследования рассматривают политику и принципы развития низкоуглеродной энергетики преимущественно в генерирующих и потребляющих отраслях экономики своих стран. Вместе с тем по понятным причинам вопросы декарбонизации собственно нефтегазодобывающих отраслей, являющихся главным эмитентом ПГ, там рассматривались косвенно.

Наиболее серьезные исследования декарбонизации применительно к отечественной нефтегазовой отрасли Российской Федерации связаны с исследованиями Центра энергетики Московской школы управления «СКОЛКОВО» [3, 6]. Также следует выделить публикации Н. В. Белика, С. Н. Бобылева, А. Г. Глебовой, В. В. Глухова, И. А. Макарова, С. В. Федосеева, М. М. Хасанова, А. Е. Череповицына, А. А. Череповицыной, В. П. Ануфриева [4, 5, 8, 19–25] и др. Обобщая результаты исследований, следует выделить следующие методологические положения, которые в совокупности определяют категорию декарбонизации нефтегазовой отрасли.

1. *Декарбонизация в глобальном масштабе* является системным ответом на планетарное изменение климата, вызванное антропогенными выбросами в атмосферу ПГ, реализует переход общественного производства к низкоуглеродному развитию. Цель декарбонизации — сократить, а в идеале — исключить эти выбросы, чтобы тем самым смягчить (затормозить) климатические изменения и минимизировать наносимый ими ущерб экологии.

2. *Декарбонизация в системе национальной экономики (энергетики)* реализует долгосрочный социально-экономический тренд (закономерность) снижения углеродоемкости ВВП (конечной энергии) путем энергетического перехода на новый, более эффективный в физическом смысле и экономически выгодный вид энергии (возобновляемые источники), сопровождающийся снижением доли ископаемого топлива в энергобалансе.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

3. *Декарбонизация в системе нефтегазовой отрасли* представляет собой комплексный и многоступенчатый процесс, включающий нормативно-правовую, коммерческую, научно-методическую, технологическую, организационно-управленческую и инвестиционную составляющие. Процесс реализует снижение углеродоемкости отрасли и энергетики в целом путем сокращения эмиссии ПГ, доли ископаемого топлива в энергобалансе, внедрения энергоэффективных технологий и ВИЭ.

4. *Декарбонизация как направление трансформации стратегических приоритетов отрасли*, которое, наряду с цифровизацией, реализует новый этап социально-экономического, научно-технического и инвестиционного развития (перестройки) нефтегазовой отрасли, направлено на снижение углеродной интенсивности производства и энергопотребления УВС, сопровождающееся принципиальными изменениями стратегических приоритетов производственно-хозяйственной деятельности, научно-технической политики и системы корпоративного менеджмента нефтегазовых компаний.

5. *Декарбонизация как системный процесс действий* предусматривает комплексное параллельное использование разноплановых (в том

числе и принципиально новых) методов управления и технологий из различных отраслей и областей знаний; разнохарактерных и разноуровневых организационно-экономических и инвестиционных решений, невозможных без системного взаимодействия менеджмента компаний, реализующих проекты декарбонизации, с регуляторами со стороны государства, инвесторов и др., которые обеспечивают распространение данных технологий, а также принятие других мер, способствующих декарбонизации.

Комплекс проблем, который предстоит решить отраслевой науке, менеджменту нефтегазодобывающих компаний, сервисным компаниям — разработчикам технологий и научным центрам отрасли в сфере декарбонизации деятельности современного НГК очень широк. К ним относятся: вопросы совершенствования нормативно-правовых основ декарбонизации, разработки подходов стимулирования нефтегазовых компаний; развитие новых методов, технологий, организационных схем и корпоративных практик декарбонизации; вопросы инвестиционного обеспечения проектов и, безусловно, вопросы кадрового обеспечения принципиально новой сферы деятельности национальной экономики (рис. 1).



Рис. 1. Проблемное поле в сфере декарбонизации деятельности современного НГК (составлено авторами)

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Формирование краткосрочных и долгосрочных приоритетов декарбонизации должно осуществляться на основе системного стратегического анализа, учитывающего своевременную смену энергетических приоритетов в условиях декарбонизации энергетики.

Энергетические приоритеты определяются в базовых сферах декарбонизации и включают: нормативно-правовое регулирование и стимулирование зеленой энергетики; научно-техническое и инновационное развитие технологий декарбонизации, обеспечивающих гибкий переход от одного состояния энергетики к другому, более эффективному и низкоуглеродному; организационно-экономические механизмы, методы и инструменты менеджмента НГК в новых условиях производства и сбыта продукции.

Стратегические приоритеты декарбонизации отечественного НГК

Авторами предпринята попытка обобщения наиболее существенных целевых установок развития нефтегазового сектора в условия декарбонизации [3–7, 10–12, 14–20], результаты которых представлены на рис. 2. К ним следует отнести группы мероприятий, связанных с совершенствованием системы нормативно-правового регулирования НГК, формированием рыночных механизмов декарбонизации отрасли, программных мероприятий развития научного обеспечения и организационно-методического сопровождения процессов развития низкоуглеродной энергетики и др.

Особое внимание следует обратить на задачи подготовки и переподготовки кадров в данном секторе национальной экономики, в том числе среднего, высшего технического и организационно-управленческого аппарата.

К сожалению, до сих пор отсутствует скоординированная межвузовская программа подготовки специалистов данной принципиально новой специальности. Очевидно, важным шагом в решении задач подготовки кадров могли бы стать проведение координационных совещаний вузов политехнического и нефтегазового профиля и формирование учебно-методического совета.

Следует отметить, что определенные шаги в данном направлении предпринимает Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, в котором разработаны образовательные программы декарбонизации и сформирована научная школа «Организационно-экономические основы и стратегические приоритеты декарбонизации нефтегазового комплекса».

Успешное решение вышеперечисленных нормативно-правовых, научно-технических и социально-

экономических задач декарбонизации нефтегазовой отрасли потребует согласования межотраслевых, отраслевых, региональных и корпоративных векторов интересов сторон, задействованных в этом процессе.

На уровне федеральных интересов стратегическим приоритетом развития декарбонизации является достижение до 2050 г. нулевых выбросов. По проведенным сценариям это способно обеспечить стабилизацию средней глобальной температуры воздуха в пределах 1,5 °С (рис. 3).

Основным документом, регулирующим выбросы ПГ, является Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 2021 г. Кроме того, на уровне Федерации также принята система нормативно-правовых актов, регламентирующих цели, задачи и инструменты декарбонизации энергетики и НГК. К таким документам следует отнести, в частности, [13, 27–29] и др.: Климатическую доктрину Российской Федерации (утверждена в 2009 г.); Энергетическую стратегию Российской Федерации на период до 2035 года (далее — Энергостратегия-2035); государственную программу «Развитие энергетики» (ранее — государственная программа «Энергоэффективность и развитие энергетики»); Комплексный план по повышению энергетической эффективности экономики России; проект Стратегии долгосрочного развития России с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года; Указ Президента РФ от 4 ноября 2020 года № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов»; проект Федерального закона «О государственном регулировании выбросов парниковых газов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Несмотря на разнохарактерность приведенных документов, в совокупности они формируют систему целевых критериев и приоритетов развития отдельных аспектов декарбонизации Российской Федерации, методов и необходимых средств для их реализации. В целом принятые нормативно-правовые законодательные акты реализуют следующие основные инструменты декарбонизации: 1) ограничительные инструменты декарбонизации — специальные налоги, пошлины, квоты, штрафы и т. д., ограничивающие эмиссию ПГ хозяйствующих субъектов; 2) инструменты поддержки субъектов, реализующих программы декарбонизации, — государственные субсидии, налоговые льготы, облигации; 3) рыночные инструменты взаимодействия — формируемые на добровольной и инициативной основе локальные или международные системы торговли выбросами.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

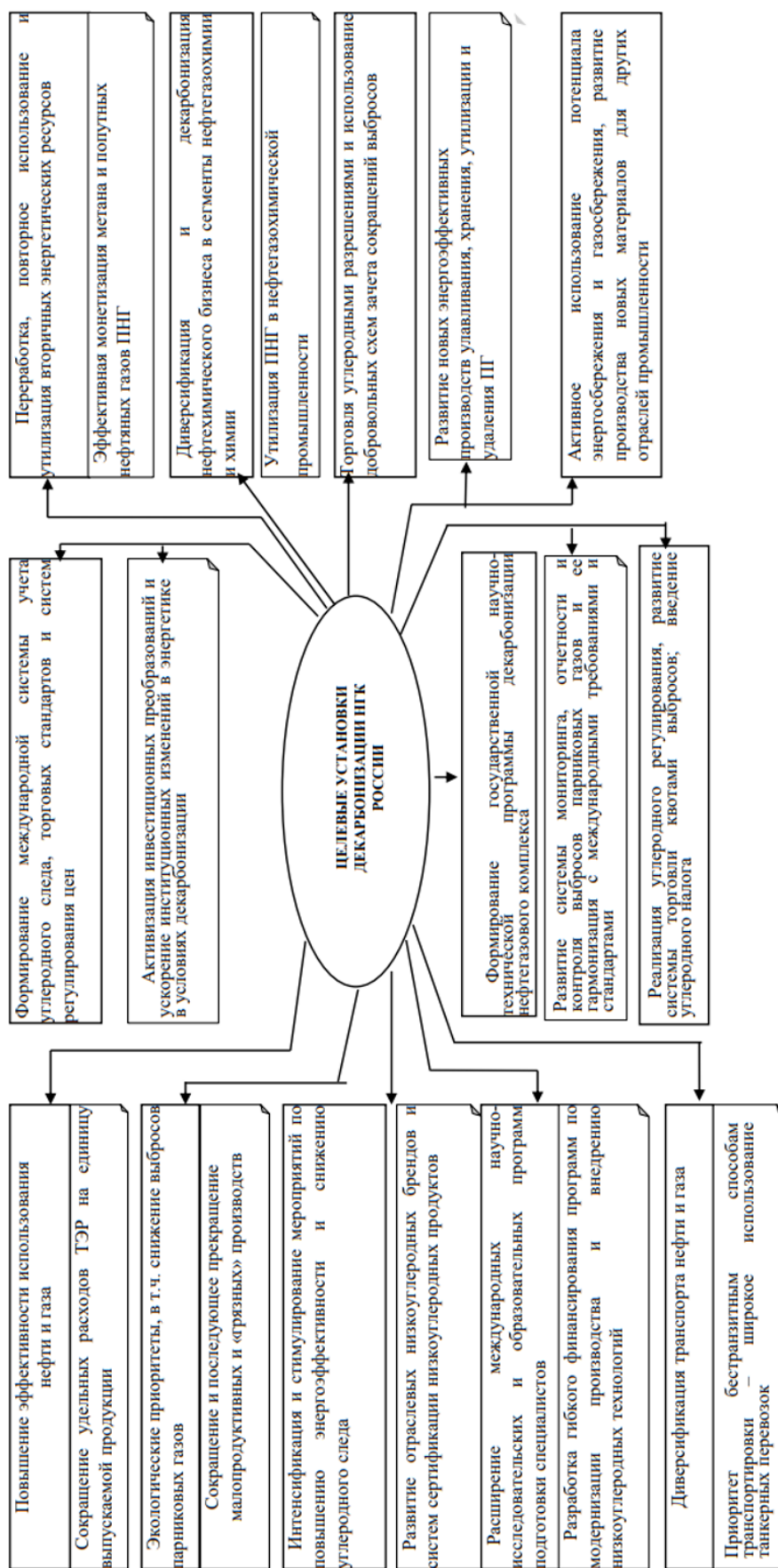


Рис. 2. Целевые установки развития нефтегазового сектора в условиях декарбонизации (составлено авторами)

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

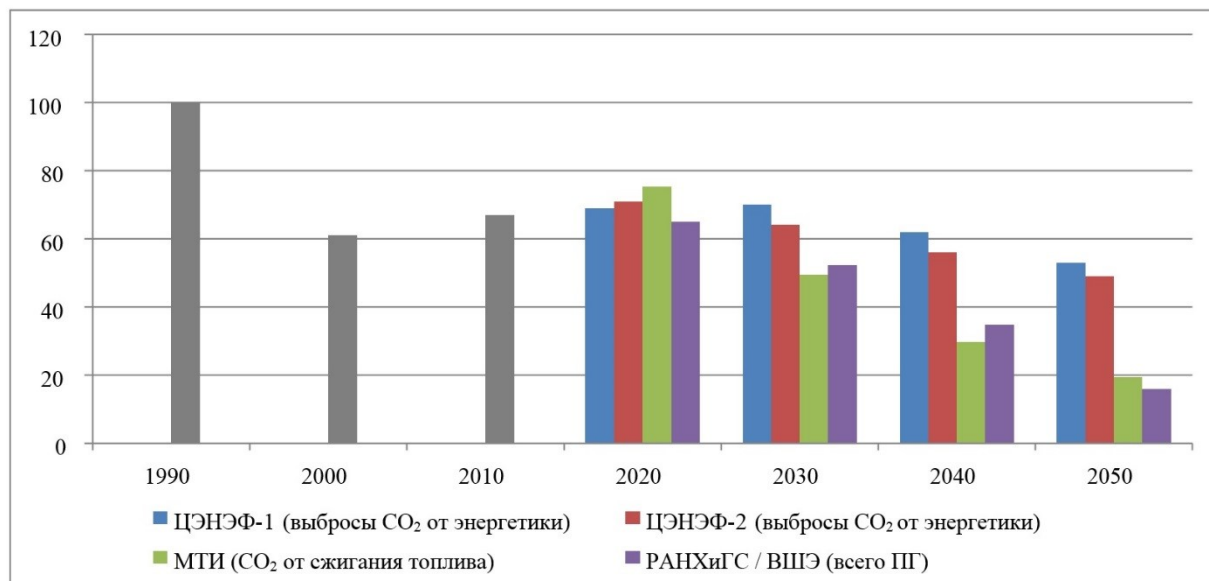


Рис. 3. Сценарии эмиссии ПГ в России при низкоуглеродном развитии. Источники: ЦЭНЭФ (2014), РАНХиГС / ВШЭ (2015) [26]

Организационные схемы и модели декарбонизации

Анализ методов и инструментов, действующих и находящихся в разработке и на утверждении законодательных документов позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время ситуация с пониманием идеи устойчивого развития и проблемы декарбонизации на государственном уровне достаточно сложная. Развитие отечественного законодательства, очевидно, требует теоретического осмысления возможностей и угроз декарбонизации.

В этой связи представляется целесообразным формирование концептуальной модели управления и координации проектов и инициатив по декарбонизации. Обобщение отечественного и зарубежного опыта декарбонизации [2–7, 11–20, 30–32] позволяет выделить декларируемые организационные модели.

1. Модель формирования единых стратегических приоритетов и научно-технической политики нефтегазовых компаний в ассоциации с организациями — потребителями энергии. Организационным центром инициатив здесь может выступить Межведомственный координационный центр декарбонизации энергетики, в частности НГК. В качестве потенциально полезных сторон в решении проблем декарбонизации могут выступать научно-технологические и образовательные организации и ассоциации.

2. Модель управления на базе стейкхолдеров. С целью координации инициатив программ декарбонизации может быть полезна модель управления на базе стейкхолдеров — отечественных и международных организаций и ассоциаций, реализующих зеленые инициативы в конкретных подсекторах энергетики. Примерами таких

организаций являются European Energy Agency, Decarbonisation Pathways Initiative, DeCarb Europe Initiative и др.

3. Комплексная (смешанная) модель, обеспечивающая взаимодействие наднациональных и национальных организаций для координации национальных программ в решении общих проблем глобального климатического управления энергетикой, которые позволят обеспечить выполнение функций руководства и установление международных правил в этой сфере.

Реализация вышеперечисленных моделей декарбонизации в различных странах, группах стран, регионах и на различных территориях будет происходить по разноразностной схеме в зависимости от специфики, уровня их развития и обеспеченности собственными ресурсами.

Формирование национальной системы регулирования декарбонизации НГК в соответствии с принимаемыми моделями их управления должно предусматривать следующие организационно-технологические направления: 1) развитие нормативно-правовой базы организации углеродного регулирования, осуществляемого посредством торговли углеродными квотами; 2) разработка нормативной базы для введения углеродного налога, а также для внедрения стандартов нефинансовой отчетности и интегрирования в международные зеленые инициативы; 3) развитие нормативно-правовой базы организации системы мониторинга, отчетности и контроля выбросов ПГ и ее гармонизация с международными требованиями и стандартами; 4) разработка и внедрение механизмов гибкого

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

финансирования программ по модернизации производства и внедрению низкоуглеродных технологий, направленных на снижение углеродоемкости производства; 5) разработка и внедрение нормативной базы, обеспечивающей реализацию проектной деятельности, направленной на сокращение выбросов и / или увеличение поглощающей способности естественных поглотителей ПГ.

Важно, чтобы при разработке и реализации нормативной базы, а также национальных и территориальных планов действия учитывались особенности и общие тенденции развития энергетики в целом, основные требования и целевые установки концепции устойчивого развития национальной экономики, а также общей энергетической политики страны.

Необходимым элементом достижения поставленных стратегических целей декарбонизации является формирование и внедрение адекватного организационно-экономического механизма преобразований НГК. Существующий механизм хозяйствования в России еще во многом неадекватен

современному состоянию развития нефтегазовой промышленности.

При формировании нового организационно-экономического механизма необходимо предусмотреть инструменты, обеспечивающие устойчивое развитие НГК в системе современной низкоуглеродной энергетики. При этом система управления должна обеспечить согласование интересов государства и предприятий в условиях новых возможностей и ограничений, продиктованных международными документами в сфере декарбонизации. На рисунке 4 представлена схема формирования организационно-экономических механизмов декарбонизации нефтегазового комплекса, на которой показаны как цели декарбонизации, в частности, формирование условий энергоперехода, сокращение выбросов ПГ и пр., так и возможные инструменты, в числе которых стимулирование предприятий, налогообложение, разработка механизмов и др.

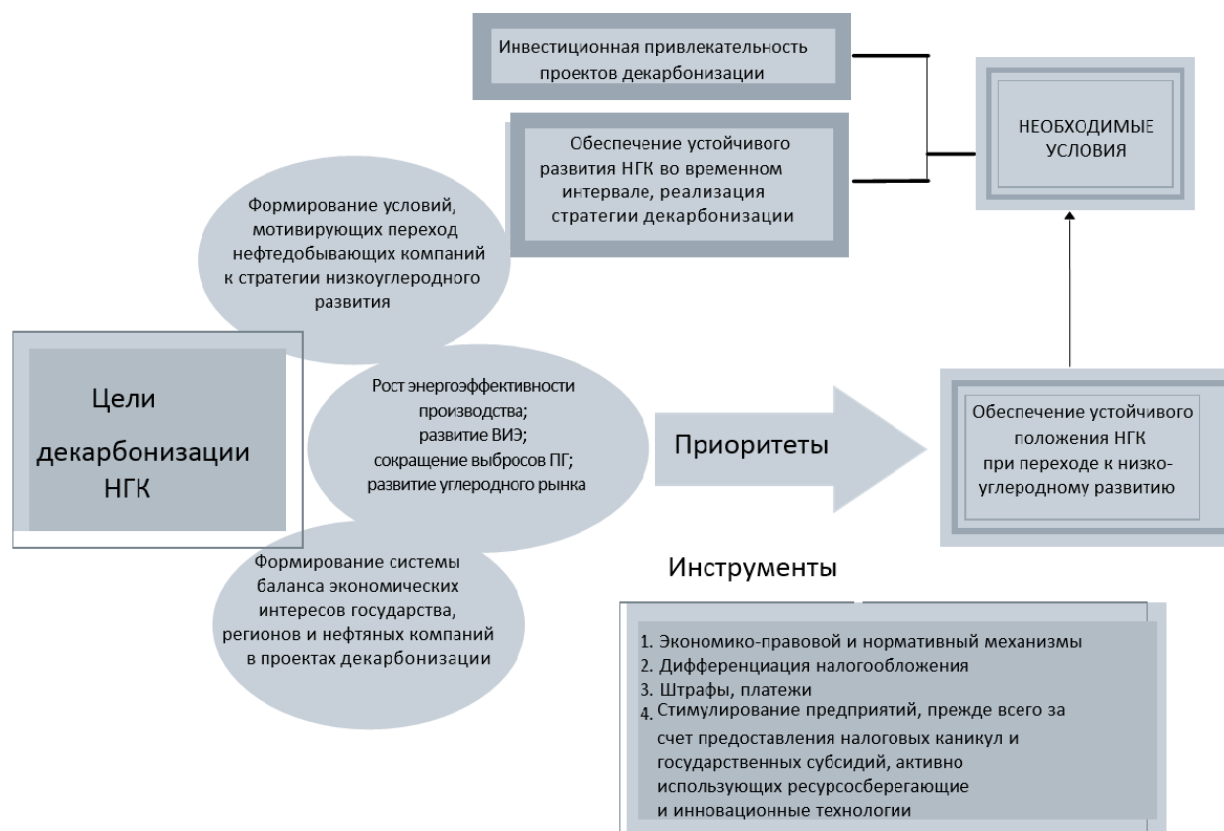


Рис. 4. Принципиальная схема формирования организационно-экономических механизмов декарбонизации НГК (составлено авторами)

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

В связи с вышесказанным формирование нового механизма эффективного освоения нефтегазовых ресурсов должно осуществляться на основе современных методов хозяйствования, реализующих конкурентный подход при выборе направлений и корпоративных стратегий нефтегазовых компаний, в том числе и глобальных, на энергетических рынках.

Важным элементом организационно-экономического механизма, определяющим успех декарбонизации НГК, является научно-техническая сфера объединений усилий разработчиков технологий, добывающих и сервисных компаний, а также инвесторов в специализированный кластер. Включение отечественных кластеров в глобальные цепочки создания добавленной стоимости в системе низкоуглеродной энергетики позволит существенно поднять уровень национальной технологической базы и международной конкурентоспособности предприятий НГК. Это может быть обеспечено путем: приобретения и внедрения критических технологий, новейшего оборудования; получения предприятиями кластера доступа к современным методам управления и специальным знаниям; получения предприятиями кластера эффективных возможностей выхода на конкурентные международные рынки.

Реализация нефтегазовых кластерных проектов в сфере декарбонизации обеспечит взаимодействие ключевых отраслей промышленности (включая военно-промышленный комплекс), являющихся смежными в межотраслевых технологических цепочках. Данный механизм способен обеспечить формирование промышленных зон (центров) инновационно направленного характера (кластеров конкурентоспособности).

Новыми направлениями такого взаимодействия в рамках кластерного подхода смогут стать различные формы коммерческих и некоммерческих консорциумов, объединений и ассоциаций [2]. Так, в качестве примера научно-технологического взаимодействия при решении задач изучения и освоения нетрадиционных источников углеводородов можно привести созданную на базе АО «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» и Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого технологическую платформу «Методы и технологии изучения и освоения нетрадиционных видов и источников углеводородного сырья» [2, 10, 11, 32].

В процессе работы данной платформы были поставлены и решены следующие задачи: 1) сформировано устойчивое партнерство ведущих исследовательских, образовательных и проектных организаций с нефтегазовыми компаниями; 2) обеспечено развитие совместных межотраслевых

НИОКР при разработке отечественных технологий, внедрение зарубежных технологий в практику деятельности нефтегазовых компаний; 3) участие в работе по созданию специальных опытных полигонов на территории Российской Федерации по отработке новейших технологий поиска, разведки и разработки нетрадиционных источников углеводородного сырья; 4) сформирован коллективный центр использования высокотехнологичного научного и лабораторного оборудования для выполнения совместных проектов; 5) разработаны и частично внедрены совместные рекомендации по привлечению долгосрочных прямых инвестиций в инновационные проекты и программы по изучению и освоению нетрадиционных источников углеводородного сырья; 6) расширены возможности для эффективной коммерциализации технологий, разрабатываемых научными организациями — членами технологической платформы, и для софинансирования исследований из внебюджетных источников; 7) организован экспертный совет и реализована программа «Экспертизы программ и проектов по изучению и освоению НИУВС» и др.

Развитие новых форм взаимодействия организаций в решении задач научного, технологического, методического и нормативно-правового обеспечения (в том числе на основе некоммерческих объединений, например, на базе технологических платформ) поможет объединить усилия государства, компаний-недропользователей, сервисных организаций, научно-исследовательских и проектных институтов, а также вузов с целью обеспечения эффективного развития НГК в новых реалиях.

Дискуссия и выводы

Приведенное исследование является одной из первых попыток обобщения и развития крайне актуальной в современных условиях проблемы декарбонизации НГК Российской Федерации в системе углеводородной энергетики. Представленные результаты частично получены в рамках совместных исследовательских проектов, реализованных с Европейским центром изучения проблем секвестрации CO₂ — “ENeRG”, а также в рамках инициативной научно-исследовательской работы научной школы Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого «Организационно-экономические основы и стратегические приоритеты декарбонизации нефтегазового комплекса».

Формирование научной идеи и исследования определяется необходимостью переосмысления общей концепции развития отечественного НГК в условиях глобальной декарбонизации, реализующей переход к низкоуглеродному развитию. В настоящее время объем выбросов нефтегазовой промышленности, относящихся к сферам 1, 2

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

(1 — прямые выбросы ПГ от операционной деятельности компаний, 2 — косвенные эмиссии, связанные с энергообеспечением компаний), оценивается в 12 % от общего объема мировых антропогенных выбросов ПГ. Это делает позицию отрасли крайне уязвимой в рамках международных требований и платежей в рамках традиционной деятельности и определяет объективную потребность ее декарбонизации.

Системный анализ результатов отечественных и зарубежных разработок позволяет уточнить содержание и структуру категории декарбонизации в отечественном НГК, при этом категория декарбонизации определена с учетом его современной производственной структуры и уровня добычи углеродного сырья, отечественных и зарубежных законодательных актов низкоуглеродной энергетики, новых требований торговли на международных рынках сырья и др.

Декарбонизация в системе мирового хозяйства определяется как системный ответ на планетарное изменение климата; в системе национальной экономики (энергетики) — как объективное требование снижения углеродоемкости ВВП; в системе НГК — как системный процесс его трансформации в национальной энергетике; в системе отраслевого менеджмента — как процесс комплексного, взаимоувязанного использования разноплановых (в том числе и принципиально новых) методов решений и технологий из различных отраслей и областей знаний.

Важным элементом программы декарбонизации НГК является формирование стратегических приоритетов развития, обеспечивающих его устойчивое развитие. Авторами на основании построения проблемного поля декарбонизации отечественного НГК выделены следующие стратегические области развития: 1) развитие эффективного законодательства и нормативно-правовых актов регулирования данного сегмента экономики, учитывающих специфику национального НГК и баланс интересов участников углеродного рынка в России и за рубежом; 2) формирование научно-методической базы управления и мониторинга производственно-экономических процессов декарбонизации и их результатов, включая вопросы лицензирования, стандартизации этих процессов и др.; 3) выбор и инновационное развитие производственной базы из спектра возможных технологий декарбонизации (по направлениям возобновляемой энергетики, энергоперехода на низкоуглеродные энерго- и ресурсосберегающие производственные процессы при добыче и переработке нефти и газа, технологии циркулярной экономики, технологии секвестрации

CO₂, водородной энергетики и др.); 4) обоснование и внедрение рыночных механизмов монетизации CO₂, торговли квотами на выбросы ПГ, введение углеродного налога и др.; 5) формирование научно-методических основ менеджмента и развитие корпоративной практики декарбонизации нефтегазового бизнеса, включая повышение эффективности операционной деятельности компаний, монетизацию CO₂, организацию и привлечение финансирования в зеленые проекты, оптимизацию портфеля активов, управление углеродными разрешениями и использование добровольных схем зачета сокращений выбросов и др.; 6) разработка и внедрение учебно-методической базы для развития компетенций в области подготовки и переподготовки кадров в системе среднего и высшего образования Российской Федерации по направлениям технологической, организационно-управленческой, природоохранной и экономической сфер декарбонизации НГК.

Важным моментом дискуссии является вопрос возможности и целесообразности полного переноса зарубежной теории, практики, а также технологий декарбонизации на условия отечественного НГК. Решение данного вопроса, на наш взгляд, потребует постановки дополнительных исследований с выделением сегментов, наиболее конкурентоспособных для нашей энергетики. В качестве примера можно выделить захоронение ПГ в естественных геологических ловушках, водородную энергетику (генерацию и поставки «голубого» водорода). Кроме того, необходимо учитывать политические факторы развития российского НГК. Введение дополнительных санкций на поставку высокотехнологического оборудования потребует постановки и реализации отечественных программ импортозамещения в областях освоения ресурсов углеводородов арктического шельфа и сланцевых формаций, а также в технологиях декарбонизации отрасли.

Реализация поставленных стратегических целей декарбонизации потребует формирования новых моделей государственного и отраслевого управления этими процессами. Несмотря на принятые (особенно в последние два года) законотворческие акты, нормативно-правовое поле требует регламентации и развития. Формирование единой концепции такого развития должно предусматривать формирование государственной концептуальной модели управления и координации проектов и инициатив по декарбонизации.

В качестве концептуальных моделей такого развития можно рекомендовать: модель формирования единых стратегических приоритетов и научно-технической политики нефтегазовых

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

компаний в ассоциации с организациями — потребителями энергии; модель управления на базе стейкхолдеров — отечественных и международных организаций и ассоциаций, реализующих зеленые инициативы в конкретных подсекторах энергетики; комплексную (смешанную) модель, обеспечивающую взаимодействие наднациональных и национальных организаций для координации национальных программ в решении общих проблем глобального климатического управления энергетикой.

Развитие национальной системы регулирования декарбонизации НГК в соответствии с принимаемыми моделями их управления должно предусматривать: регламентацию торговли квотами выбросов ПГ; введение углеродного налога и стандартов нефинансовой отчетности интегрирования в международные зеленые инициативы; организацию системы мониторинга, отчетности и контроля выбросов ПГ и ее гармонизацию с международными требованиями и стандартами; механизмы гибкого финансирования программ по модернизации производства и внедрению низкоуглеродных технологий и др.

Достижение поставленных стратегических целей в рамках заявленных нормативно-правовых инициатив требует формирования адекватного организационно-экономического механизма декарбонизации НГК. В работе предложена принципиальная схема формирования такого механизма, который обеспечивает эффективную

реализацию проектов декарбонизации компаний при согласовании интересов государства и предприятий в условиях новых возможностей и ограничений, продиктованных международными документами в сфере декарбонизации.

Базовым инструментом реализации предложенного механизма является формирование кластерного подхода, способствующее взаимодействию смежных энергетических отраслей и обобщению межотраслевого опыта в области декарбонизации [3, 11].

Включение отечественных кластеров в глобальные цепочки создания добавленной стоимости в системе низкоуглеродной энергетики позволит существенно поднять уровень национальной технологической базы, обеспечить, наряду с процессами цифровизации, конкурентоспособное развитие предприятий НГК.

Формирование кластера путем объединения ресурсов государства, компаний-недропользователей, сервисных организаций, научно-исследовательских и проектных институтов, а также вузов обеспечит: ускоренное внедрение критических технологий и новейшего оборудования; получение предприятиями кластера доступа к современным методам управления и специальным знаниям; получение предприятиями кластера эффективных возможностей выхода на конкурентные международные рынки и др.

Список источников

1. Парижское соглашение, 2015. РКИК ООН.
2. Основы декарбонизации нефтегазовой отрасли: учебник / А. Ильинский, М. В. Афанасьев, А. А. Саитова. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2022. 363 с.
3. Белик И. С., Стародубец Н. В., Майорова Т. В., Ячменева А. И. Механизмы реализации концепции низкоуглеродного развития энергетики. Уфа: Омега Сайнс, 2016. 119 с.
4. Глебова А. Г., Данеева Ю. О. Адаптация российской энергетики к декарбонизации мировой экономики // Экономика. Налоги. Право. 2021. 14 (4). 48–55. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-48-55
5. Декарбонизация в нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России / Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. М., 2021, 158 с.
6. Хасанов М. М. и др. Основы системного инжиниринга. Ижевск: Издательство «ИКИ», 2020. 422 с.
7. Industrial Transformation 2050: Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry [Электронный ресурс] // Material Economics. — 2019. URL: <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2019/04/Material-EconomicsIndustrial-Transformation-2050.pdf>.
8. Improved climate action on food systems can deliver 20 percent of global emissions reductions needed by 2050 [Электронный ресурс] // UN. 2020. URL: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/improved-climate-action-food-systems-can-deliver-20-percent-global>.
9. World Economic Outlook, October 2020: A Long and Difficult Ascent [Электронный ресурс] // IMF. 2020. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020www.tdnus.ru>.
10. Концепция формирования системы мониторинга, отчетности и проверки объема выбросов парниковых газов в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/media/files/Z3hKcCLSiKwtmhc1MOvL8wU05QOJD4Ou.pdf> (дата обращения: 21.11.2015).
11. Ильинский А. А. Нефтегазовый комплекс России: проблемы и приоритеты развития СПб.: ПОЛИТЕХ ПРЕСС, 2020. 532 с.

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

12. Ilinskiy A. A. An economic model of CO₂ geological storage in Russian energy management system // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 983. P. 201–209. DOI: 10.1007 / 978-3-030-19868-8_20
13. Региональная стратегия низкоуглеродного развития на примере Свердловской области: монография / В. П. Ануфриев, А. Ю. Галенович, А. П. Кулигин, Н. В. Стародубец. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 135 с.
14. Biber E., Kelsey N., Meckling J. The political economy of decarbonization: a research agenda // *Brooklyn Law Review*. 2017. 82 (2). 605–643.
15. Drozd W., Kinelski G., Czarnecka M., Wójcik-Jurkiewicz M., Maroušková A., Zych G. Determinants of decarbonization — how to realize sustainable and low carbon cities? // *Energies*. 2021. 14. 2640. DOI: 10.3390/en14092640
16. Gupta A., Davis M., Kumar A. An integrated assessment framework for the decarbonization of the electricity generation sector // *Applied Energy*. 2021. 288. 116634. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116634
17. Karlsson I., Rootzén J., Toktarova A., Odenberger M. Johnsson F. Göransson L. Roadmap for decarbonization of the building and construction industry — a supply chain analysis including primary production of steel and cement // *Energies*. 2020. 13. 4136. DOI: 10.3390/en13164136 15.
18. Mercader-Moyano P., Esquivias P. M. Decarbonization and circular economy in the sustainable development and renovation of buildings and neighbourhoods // *Sustainability*. 2020. 12. 7914. DOI: 10.3390/su12197914
19. Европейский механизм пограничной углеродной корректировки — ключевые вопросы и влияние на Россию / Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. М., 2021. 50 с.
20. Монетизация выбросов CO₂. VYGON consulting, 2021. 48 с. <https://vygon.consulting/products/issue-1911/>.
21. «Зеленая» экономика. Новая парадигма страны / С. Н. Бобылев, В. С. Вишнякова, И. И. Комарова и др.; под общ. ред. А. В. Шевчука. М.: СОПС, 2014. 248 с.
22. Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П. Экономические основы экологии: учебник. СПб.: «Специальная литература», 1997. 304 с.
23. Кузнецова Е. А., Череповицына А. А. Утилизация углекислого газа и циркулярная экономика: мир, Россия, Арктика // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2021. № 4. С. 42–55. doi:10.37614/2220-802X.4.2021.74.004
24. Федосеев С. В., Череповицын А. Е. Statement and Mathematical Characterization of the Task of Assessing the Strategic Potential of Fuel and Energy Industry of Russia // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Т 16, № 11. С. 9002–9006.
25. Череповицын А. Е., Ильинова А. А., Евсеева О.О. Управление стейкхолдерами проектов секвестрации углекислого газа в системе государство — бизнес — общество // *Записки Горного института*. 2019. Т. 240. С. 731–742. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.731
26. Vasilev Y. N., Cherepovitsyn A. E. , Tsvetkova A. Y., Komendantova N. E. Promoting Public Awareness of Carbon Capture and Storage Technologies in the Russian Federation: A System of Educational Activities // *Energies*. 2021. Vol. 5, No. 14. P. 1–14.
27. Выбросы метана в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] // Аналитический центр при Правительстве РФ. 2020. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/july_2020.pdf.
28. Макаров И. А., Чен Х., Пальцев С. В. Последствия Парижского климатического соглашения для экономики России // *Вопросы экономики*. 2018. № 4. С. 76–94.
29. О климатической доктрине Российской Федерации: распоряжение Президента РФ от 17.12.2009 № 861-рп [Электронный ресурс] // Президент РФ. 2020. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/30311>.
30. О сокращении выбросов парниковых газов: указ Президента РФ от 04.11.2020 года № 666 [Электронный ресурс] // Официальный интернет-портал правовой информации. 2020. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011040008?fbclid=IwAR3Ox6yTNL0rqNbOKjw-nbmgizp7MmHjguwvXhHPkRaUAos6YWA_W-SyUAQ.
31. Социально-экономическая динамика и перспективы развития российской Арктики с учетом геополитических, макроэкономических, экологических и минерально-сырьевых факторов: монография / под научной редакцией Т. П. Скуфыной, Е. А. Корчак. Апатиты: Изд-во Кольского науч. центра РАН, 2021. 209 с.
32. Ilinskiy A. A. Digital technologies of investment analysis of projects for the development of oil fields of unallocated subsoil reserve fund // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. № 012028. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012028

References

1. Paris Agreement, 2015. UNFCCC. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf (accessed 30.03.2022).
2. Ilyinsky A. A., Afanasiev M. V., Saitova A. A. Osnovy dekarbonizacii neftegazovoj otrasli [Fundamentals of decarbonization of the oil and gas industry]. Saint Petersburg, Press of the Polytechnic University, 2022, pp. 363. (In Russ.).

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

3. Belik I., Starodubets N., Mayorova, T., Yachmeneva A. *Mekhanizmy realizacii koncepcii nizkouglerodnogo razvitiya energetiki* [Mechanisms for implementing the concept of low-carbon energy development]. Ufa, Omega Science, 2016. 119 p. (In Russ.).
4. Glebova A. G., Daneeva Yu. O. Adaptaciya rossijskoj energetiki k dekarbonizacii mirovoj ekonomiki [Adaptation of the Russian energy sector to the decarbonization of the world economy]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo* [Economy. Taxes. Right], 2021, no. 14 (4), pp. 48–55. (In Russ.). DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-48-55
5. *Dekarbonizaciya v neftegazovoj otrasli: mezhdunarodnyj opyt i priority Rossii* [Decarbonization in the oil and gas industry: international experience and Russian priorities]. Moscow, Center for Energy of the Moscow School of Management SKOLKOVO, 2021, 158 p. (In Russ.).
6. Khasanov M., Maksimov Y., Mozhchil A., Pisarev M., Arzykulov O. *Osnovy sistemnogo inzhiringa* [Fundamentals of system engineering]. Izhevsk, Publishing house "IKI", 2020, 422 p. (In Russ.).
7. Industrial Transformation 2050: Pathways to Net-Zero Emissions from EU Heavy Industry. Material Economics, 2019. Available at: <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2019/04/Material-EconomicsIndustrial-Transformation-2050.pdf> (accessed 30.03.2022).
8. Improved climate action on food systems can deliver 20 percent of global emissions reductions needed by 2050. UNEP, 2020. Available at: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/improved-climate-action-food-systems-can-deliver-20-percent-global> (accessed 30.03.2022).
9. World Economic Outlook, October 2020: A Long and Difficult Ascent. IMF, 2020. Available at: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/09/30/world-economic-outlook-october-2020> (accessed 30.03.2022).
10. Koncepciya formirovaniya sistemy monitoringa, otchetnosti i proverki ob"ema vybrosov parnikovyh gazov v Rossijskoj Federacii [The concept of forming a system for monitoring, reporting and verification of greenhouse gas emissions in the Russian Federation]. Available at: <http://government.ru/media/files/Z3hKcCLSiKwtmhc1MOvL8wU05QOJD4Ou.pdf> (accessed 30.03.2022).
11. Ilyinsky A. *Neftegazovyy kompleks Rossii: problemy i priority razvitiya* [Oil and gas complex of Russia: problems and development priorities]. Saint Petersburg, POLYTECH PRESS, 2020, 532 p. (In Russ.).
12. Ilinskiy A. An economic model of CO₂ geological storage in Russian energy management system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2019, no. 983, pp. 201–209. DOI: 10.1007 / 978-3-030-19868-8_20
13. Anufriev V., Galenovich A., Kuligin A., Starodubets N. Regional'naya strategiya nizkouglerodnogo razvitiya na primere Sverdlovskoj oblasti [Regional strategy of low-carbon development on the example of the Sverdlovsk region]. Yekaterinburg, UrFU, 2012, 135 p. (In Russ.).
14. Biber E., Kelsey N., Meckling J. The political economy of decarbonization: a research agenda. *Brooklyn Law Review*, 2017, no. 82 (2), pp. 605–643.
15. Drozd W., Kinelski G., Czarnecka M., Wójcik-Jurkiewicz M., Maroušková A., Zych G. Determinants of decarbonization — how to realize sustainable and low carbon cities? *Energies*, 2021, no. 14, p. 2640. DOI: 10.3390/en14092640
16. Gupta A., Davis M., Kumar A. An integrated assessment framework for the decarbonization of the electricity generation sector. *Applied Energy*, 2021, no. 288, p. 116634. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116634
17. Karlsson I., Rootzén J., Toktarova A., Odenberger, M. Johnsson, F. Göransson L. Roadmap for decarbonization of the building and construction industry — a supply chain analysis including primary production of steel and cement. *Energies*, 2020, no. 13, p. 4136. DOI: 10.3390/en13164136 15
18. Mercader-Moyano P., Esquivias P. M. Decarbonization and circular economy in the sustainable development and renovation of buildings and neighborhoods. *Sustainability*, 2020, no. 12, p. 7914. DOI: 10.3390/su12197914
19. *Evropejskij mekhanizm pogranichnoj uglerodnoj korrektirovki — klyuchevye voprosy i vliyanie na Rossiyu* [European Frontier Carbon Adjustment Mechanism — Key Issues and Impact on Russia]. Moscow, Energy Center of the Moscow School of Management SKOLKOVO, 2021, 50 p. (In Russ.).
20. Monetizaciya vybrosov CO₂ [Monetization of CO₂ emissions], *VYGON consulting*, 2021, 48 p. (In Russ.). Available at: <https://vygon.consulting/products/issue-1911/> (accessed 30.03.2022).
21. Bobylev S., Vishnyakova V., Komarova I. *"Zelenaya» ekonomika". Novaya paradigma strany* ["Green" economy. The new paradigm of the country]. Moscow, SOPS, 2014, 248 p. (In Russ.).
22. Glukhov V., Lisochkina T., Nekrasova T. *Ekonomicheskie osnovy ekologii* [Economic foundations of ecology]. Saint Petersburg, Special Literature, 1997, 304 p. (In Russ.).
23. Kuznetsova E., Cherepovitsyna A. Utilizaciya uglekislogo gaza i cirkulyarnaya ekonomika: mir, Rossiya, Arktika [Utilization of carbon dioxide and the circular economy: the world, Russia, the Arctic]. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka* [North and the Market: the Formation of an Economic Order], 2021, no. 4, pp. 42–55. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.4.2021.74.004

ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА НА СЕВЕРНЫХ И АРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ

24. Fedoseev S. V., Cherepovitsyn A. E., Statement and Mathematical Characterization of the Task of Assessing the Strategic Potential of Fuel and Energy Industry of Russia. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, no. 16, (11), pp. 9002–9006.
25. Cherepovitsyn A., Ilinova A., Evseeva O. Upravlenie stejkkholderami proektov sekvestracii uglekislogo gaza v sisteme gosudarstvo — biznes — obshchestvo [Stakeholders management of carbon sequestration project in the state — business – society system]. *Zapiski Gornogo Instituta* [Journal of the Mining Institute], 2019, no. 240, pp. 731–742. (In Russ.). DOI: 10.31897/PMI.2019.6.731
26. Vasilev Y., Cherepovitsyn A., Tsvetkova A., Komendantova N. Promoting Public Awareness of Carbon Capture and Storage Technologies in the Russian Federation: A System of Educational Activities. *Energies*, 2021, no. 5 (14), pp. 1–14.
27. Vybrosoy metana v neftegazovoj otrasli [Methane emissions in the oil and gas industry]. Analytical Center for the Government of the Russian Federation, 2020. (In Russ.). Available at: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/july_2020.pdf (accessed 30.03.2022).
28. Makarov I., Chen H., Paltsev S. Posledstviya Parizhskogo klimaticheskogo soglasheniya dlya ekonomiki Rossii [Consequences of the Paris climate agreement for the Russian economy]. *Voprosi ekonomiki* [Economic Issues], 2018, no. 4, pp. 76–94. (In Russ.).
29. O klimaticheskoy doktrine Rossijskoj Federacii: rasporyazhenie Prezidenta RF ot 17.12.2009 № 861-rp [On the climate doctrine of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation of December 17, 2009 No. 861-rp], 2020. (In Russ.). Available at: <http://kremlin.ru/acts/bank/30311> (accessed 30.03.2022).
30. O sokrashchenii vybrosov parnikovyh gazov: ukaz Prezidenta RF ot 04.11.2020 goda № 666 [On reducing greenhouse gas emissions: Decree of the President of the Russian Federation of November 4, 2020 No. 666]. (In Russ.). Available at: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202011040008?fbclid=IwAR3Ox6yTNLQrQnbOKjw-nbmgizp7MmHjguwvXhHPkRaUAos6YWA_W-SyUAQ (accessed 30.03.2022).
31. *Social'no-ekonomicheskaya dinamika i perspektivy razvitiya rossijskoj Arktiki s uchetom geopoliticheskikh, makroekonomicheskikh, ekologicheskikh i mineral'no-syr'evykh faktorov* [Socio-economic dynamics and prospects for the development of the Russian Arctic, taking into account geopolitical, macroeconomic, environmental and mineral factors]. Apatity, Publishing House of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2021, 209 p. (In Russ.).
32. Ilinitskiy A. Digital technologies of investment analysis of projects for the development of oil fields of unallocated subsoil reserve fund. *IOP Conference Series, Materials Science and Engineering*, 2019, no. 012028. DOI: 10.1088/1757-899X/497/1/012028

Об авторах:

А. А. Ильинский — заслуженный деятель науки РФ, докт. экон. наук, проф., Высшая школа производственного менеджмента

О. В. Калинина — докт. экон. наук, проф., директор, Высшая школа производственного менеджмента

М. М. Хасанов — докт. тех. наук, проф., директор по науке ПАО «Газпром нефть»

М. В. Афанасьев — докт. экон. наук, профессор, проф., Высшая школа производственного менеджмента

А. А. Сaitова — канд. хим. наук, главный специалист НОЦ «Конструкционные и функциональные материалы», Институт машиностроения, материалов и транспорта

About the authors:

Alexander A. Ilyinsky — Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Graduate School of Production Management

Olga V. Kalinina — Doctor of sciences (Economics), Professor, Director, Graduate School of Production Management

Mars M. Khasanov — Doctor of Sciences (Engineering), Professor, Director for Science of Gazprom Neft PJSC

Mikhail V. Afanasiev — Doctor of Sciences (Economics), Professor, Graduate School of Production Management

Aleksandra A. Saitova — PhD (Chemistry), Chief Specialist, REC "Structural and Functional Materials", Institute of Mechanical Engineering, Materials and Transport

Статья поступила в редакцию 2 марта 2022 года

Статья принята к публикации 28 марта 2022 года

The article was submitted on March 2, 2022

Accepted for publication on March 28, 2022