ISSN 2411-3336; e-ISSN 2541-9404

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА

Journal of Mining Institute

Сайт журнала: pmi.spmi.ru



Научная статья

Разработка и обоснование подхода к эколого-экономической оценке проектов декарбонизации нефтегазовой компании

Н.А.Шевелева

Институт экономических проблем имени И.П.Лузина КНЦ РАН, Апатиты, Россия
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, Москва, Россия

***Как цитировать эту статью*:** Шевелева Н.А. Разработка и обоснование подхода к эколого-экономической оценке проектов декарбонизации нефтегазовой компании // Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055. EDN GAOTZW

Аннотация

Рассмотрена проблематика выбора приоритетного проекта декарбонизации нефтегазовой компанией, преследующей цели сокращения выбросов парниковых газов. Многообразие направлений декарбонизации, а также различных подходов к оценке таких проектов послужило причиной разработки системы определения приоритетного проекта декарбонизации, которая включает учет внутренних и внешних факторов реализации проекта, двухступенчатый алгоритм, исключающий неприемлемые проекты декарбонизации с учетом направлений устойчивого развития, подход к количественной оценке в абсолютных финансовых величинах и в удельных показателях. Система определения оптимального проекта декарбонизации учитывает не только величину сокращения выбросов в удельном и абсолютном выражении, но и воздействие на иные компоненты природной среды, влияние на социальные и экономические аспекты в разрезе нефтегазовой компании и национальной экономики. Системой предусмотрено ранжирование проектов декарбонизации с учетом их приоритетности, для более точного сравнительного анализа в экономическую оценку интегрированы стимулирующие механизмы углеродного регулирования, а также инструменты «зеленой» таксономии. Количественная оценка в абсолютном выражении представляет собой специализированную оценку чистого дисконтированного дохода, учитывающего в составе положительной части проекта не только доход от продажи углеродных единиц, но и реализацию новых видов низкоуглеродной продукции (при наличии). Оценка показателей представляет собой возможность точечного анализа аспектов проекта декарбонизации – удельных показателей затрат на единицу сокращения выбросов парниковых газов, удельных показателей налоговых и социальных отчислений на единицу сокращения выбросов, динамики удельных показателей энергоэффективности и иных, используемых для дополнительной оценки проектов при прочих равных условиях.

Ключевые слова

нефтегазовый сектор; углеродная нейтральность; углеродное регулирование; стратегия низкоуглеродного развития; проекты декарбонизации; климатический проект; эколого-экономическая оценка; ранжирование проектов

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-78-10181 «Декарбонизация нефтегазового комплекса России: концепция, новые интерфейсы, вызовы, технологические и организационно-управленческие трансформации».

Поступила: 15.11.2023 ***Принята: 24.09.2024*** ***Онлайн: 04.10.2024*** ***Опубликована: 25.12.2024***

Введение.

Устойчивое развитие нефтегазовых компаний достигается благодаря реализации стратегий низкоуглеродного развития, направленных на минимизацию воздействия на климат и окружающую среду при осуществлении хозяйственной и экономической деятельности. Многими компаниями установлены амбициозные цели сокращения удельных показателей выбросов парниковых газов (ПГ), углеродного следа продукции на долгосрочную перспективу – к 2050 г. [1], а также промежуточные цели, охватывающие более краткосрочные периоды, – 2030 г. [2]. Заявленные цели достижения углеродной нейтральности предполагают реализацию мероприятий, направленных на сокращение абсолютных и/или удельных выбросов ПГ за период, ограниченный базовым и целевым годом. Наиболее распространенными способами достижения целевых и промежуточных показателей углеродной нейтральности является реализация направлений декарбонизации, в том числе климатических проектов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024

Поскольку понятие «климатический проект» имеет разные значения и критерии, в данном исследовании будет использовано более широкое понятие – проект декарбонизации, под которым понимается одно или несколько мероприятий, в результате которых планируется достичь сокращения или предотвращения выбросов парниковых газов и/или увеличения их поглощения в рамках установленных организационных границ операционного контроля нефтегазовой компании. Из-за существования большого количества направлений декарбонизации [3-5] основной задачей нефтегазовых компаний, следующих по пути низкоуглеродного развития, является определение наиболее оптимальных проектов декарбонизации. Компании могут ставить дополнительные глобальные задачи и иные ограничения при достижении углеродной нейтральности: обеспечение неотрицательных показателей чистого дисконтированного дохода проекта декарбонизации, выпуск максимального количества углеродных единиц по результатам реализации проектов, использование возможностей «зеленого» финансирования, направленного на стимулирование реализации проектов устойчивого, в том числе «зеленого» развития[1], т.е. наряду с максимизацией сокращения выбросов оценивать экологические, экономические и социальные аспекты проектов декарбонизации.

В научных исследованиях, посвященных вопросам оценки проектов нефтегазового сектора, присутствуют элементы многофакторной модели комплексной оценки экологических, социальных и экономических факторов реализации инвестиционных проектов [6] и представлены предложения синхронизации с жизненным циклом проекта в ходе практического применения такой модели [7, 8]. Также предлагается осуществление эколого-экономического анализа деятельности предприятий и реализации проектов путем формирования групп показателей: производственной, природоохранной и эколого-экономической деятельности [9]. В некоторых источниках применяются термины «стратегическая экологическая оценка», включающая оценку вероятных экологических и социально-экологических последствий реализации стратегических решений (планов, программ развития региона или отрасли) [10], и «эколого-экономическая оценка», призванная способствовать принятию технико-экономических решений, учитывающих экологические факторы наряду с техническими и экономическими [11, 12]. Однако вопросы, связанные с комплексной эколого-экономической оценкой проектов декарбонизации, в научных публикациях не рассматривались.

Целью настоящего исследования является развитие методологии эколого-экономической оценки проектов декарбонизации нефтегазовых компаний, а основными задачами исследования являются ответы на следующие вопросы: какие показатели составляют основу системы оценки проектов декарбонизации нефтегазовых компаний и каким образом необходимо производить ранжирование проектов декарбонизации для последующего выбора наиболее приоритетного из них?

Методы.

Разработан алгоритм оценки проектов декарбонизации нефтегазовой компании, учитывающий влияние внутренних и внешних факторов. Последовательность, заложенная в алгоритме, основана на дедуктивном методе. Так, по мере продвижения по алгоритму уточняются условия реализации проекта декарбонизации, проверяются дополнительные параметры проекта, оказывающие косвенное влияние. Сравнительная оценка проектов декарбонизации для их последующего ранжирования формируется с учетом градации проектов по наличию положительных экологических, социальных и экономических эффектов для предприятия, реализующего проект и для экономики региона, и страны.

Понятие «климатическая эффективность» применяется для отражения эффективности мероприятий, направленных на сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов и/или увеличение их поглощения (в удельном выражении), и дополняется факторами устойчивого развития – учитываются экономическая эффективность, минимизация негативного воздействия на окружающую среду и др.

Принимается в расчет важность технико-экономической оценки проектов декарбонизации как основного инструмента принятия инвестиционных решений, в связи с чем ее результаты оказывают существенное влияние на ранжирование проектов декарбонизации наряду с размером вклада рассматриваемого проекта в достижение целей углеродной нейтральности.

[1] Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации инструментов финансирования устойчивого развития в Российской Федерации».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Формирование подхода к количественной оценке экономической эффективности проектов декарбонизации базируется на показателях чистого дисконтированного дохода и его составляющих, однако уточняется путем учета особенностей реализации проектов декарбонизации, а именно использования стимулирующих инструментов «зеленой» таксономии и торговли углеродными единицами [13-16], а также платы в случае превышения установленной квоты на выбросы парниковых газов [17] и учета дополнительных воздействий на окружающую среду и иных факторов, влияющих на положительную и отрицательную часть денежного потока проекта декарбонизации.

Разработка алгоритма и показателей основывается на следующих допущениях:

• В основу принятия решения по выбору проекта декарбонизации заложен принцип максимизации показателей сокращения выбросов при непревышении уровня негативного воздействия на социальные, экологические и экономические параметры. Результатом реализуемого проекта декарбонизации может выступать ухудшение состояния окружающей среды и/или увеличение на нее негативного воздействия, что должно быть учтено при выборе проекта декарбонизации.

• Для недопущения ухудшения экологических показателей за пределами проекта устанавливаются дополнительные критерии устойчивого развития, предотвращающие ухудшение косвенных параметров.

• В силу того, что социальный эффект является сложноизмеримым в количественных единицах, используется показатель, характеризующий размер отчислений в страховые, пенсионные фонды, затраты на медицинские нужды и оплаты труда сотрудников, задействованных в проектах. При анализе социальной значимости проекта оценивались только те параметры, которые могут быть определены финансовыми показателями. В связи с этим такие факторы, как индекс развития человеческого потенциала, изменение качества жизни населения, заболеваемость (ущерб здоровью), на которые может также влиять проект декарбонизации, были исключены из перечня показателей в исходном виде из-за невозможности проведения унифицированной и объективной сравнительной оценки. При этом данные показатели были представлены в стоимостном виде, который учитывает вклад проекта декарбонизации в развитие социальной среды.

• Количественные абсолютные показатели, используемые для оценки проекта декарбонизации, исчисляются на основании традиционных подходов к технико-экономической оценке инвестиционных проектов, но также учитывают эколого-экономические аспекты.

• В рамках методологии проектные ограничения по критериям объемов и сроков инвестирования не устанавливаются.

В данном исследовании отбор, оценку и ранжирование потенциальных проектов декарбонизации предлагается осуществлять в пять этапов:

Этап 1 включает предварительный отбор проектов декарбонизации, в том числе исключение из перечня потенциальных проектов, которые не могут быть реализованы из-за несоответствия документам стратегического планирования и наличия противоречий с поставленными целями. На данном этапе оценивается целесообразность реализации проекта декарбонизации.

Этап 2 предусматривает оценку соответствия проектов декарбонизации, не исключенных на этапе 1, критериям экономической, экологической и климатической эффективности, принимая во внимание, что в рамках данного исследования экологическая эффективность предусматривает аспекты окружающей природной среды и ее загрязнения (атмосферный воздух, водные объекты, почвы и т.д.), а климатические вопросы рассматриваются как отдельная категория. На данном этапе оценивается вклад проекта в сокращение выбросов ПГ при условии соответствия критериям устойчивого развития.

Этап 3 необходим для качественной оценки размера вклада выбранного проекта в достижение целей декарбонизации и устойчивого развития. Проект оценивается на основании соответствия критериям приоритетности, учитываемых накопленным итогом.

Этап 4 предполагает количественную оценку эколого-климатической и инвестиционной эффективности проекта для предприятия, реализующего проект, а также социально-экономический эффект проекта с точки зрения влияния на национальную и региональную экономику.

Этап 5 предназначен для сравнительного анализа удельных показателей приоритетного проекта с иными проектами декарбонизации, в том числе реализуемыми иными компаниями.

Основными методами исследования выступали методы декомпозиции, систематизации, а также стратегического анализа с ориентацией на актуальные практические материалы по тематике работы.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024

Обсуждение результатов.

Направления декарбонизации включают широкий спектр методов и инструментов [3-5, 15]. При этом климатическая эффективность каждого направления декарбонизации может оцениваться в контексте конкретного технологического процесса, предприятия, сегмента нефтегазовой отрасли, например возможна реализация узких направлений по сокращению утечек метана или сокращению сжигания попутного нефтяного газа, но существуют и более широкие направления – повышение энергоэффективности, увеличение доли возобновляемых источников энергии в структуре энергопотребления, секвестрация и т.д. [18, 19].

В силу различия масштабов производственной деятельности, региональных, географических и климатических особенностей отдельной территории, а также характеристик производственной деятельности различных сегментов нефтегазового производства один и тот же проект декарбонизации может привести к разным результатам при его реализации в различных условиях внутренней и внешней среды функционирования нефтегазовой компании. Под внешней средой понимаются объекты и процессы, находящиеся за рамками управления деятельностью рассматриваемого предприятия. Факторы внутренней среды являются объектами управления предприятия и контролируются им. Выделение данных факторов и их качественная оценка позволит определить основные группы целесообразных для компании направлений декарбонизации (рис.1).

Факторы внешней среды могут задавать основной вектор направления декарбонизации, а факторы внутренней среды – являться инструментом декарбонизации. Так, например, при наличии тенденций к повышению спроса на низкоуглеродное сырье предприятие может рассмотреть варианты повышения доли низкоуглеродных компонентов в составе реализуемой продукции для соответствия ожиданиям и запросам потребителей. Управляя факторами внутренней среды, можно сокращать выбросы в разрезе различных сфер охвата[2]. Для сокращения углеродного следа производимой продукции предприятие может осуществлять выбор в пользу материалов, услуг, товаров, оборудования, производство и оказание которых сопровождается низкими показателями выбросов ПГ, сокращая тем самым, выбросы третьей сферы охвата[3] [20]. Для сокращения косвенных энергетических выбросов второй сферы охвата[4] представляется возможным обратить внимание на климатические особенности региона ведения хозяйственной деятельности – на возможности использования низкоуглеродных, возобновляемых, альтернативных источников энергии, топлива. Для сокращения прочих косвенных выбросов третьей сферы охвата необходимо пересмотреть способы и конечные пункты поставок реализуемой продукции, по возможности перераспределить потоки в пользу локальных потребителей. Комбинируя различные факторы внутренней и внешней среды предприятие может сформировать индивидуальную линейку проектов декарбонизации для дальнейшего определения их приоритетности.

Ранжирование потенциальных проектов и направлений декарбонизации на предприятиях нефтегазовой промышленности и принятие решений об их приоритетности [21] является сложной задачей, решение которой основывается на оценке экономической эффективности. Проекты декарбонизации, характеризующиеся снижением, предотвращением выбросов ПГ, увеличением их поглощения, – могут по-разному влиять на окружающую природную, социальную среду и экономику в целом [22], поэтому комплексная оценка таких проектов является особенно актуальной [23, 24]. Ранжирование проектов осложняется тем, что оно выходит за рамки нормативно-правового регулирования, за неисполнение которого предусмотрена ответственность, и не ограничивается сравнением технико-экономических показателей, учитывающих прогнозную динамику цен на углеродные единицы. Принятие стратегических решений должно учитывать весь комплекс влияющих факторов, включающих принципы устойчивого развития, т.е. экологические, финансовые, климатические и социальные аспекты [25-28].

[2] A Corporate Accounting and Reporting Standard. URL: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf (дата обращения 15.11.2023).

[3] Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions (version 1.0). Supplement to the Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting & Reporting Standard. URL: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf (дата обращения 15.11.2023).

[4] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29.06.2017 № 330 «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

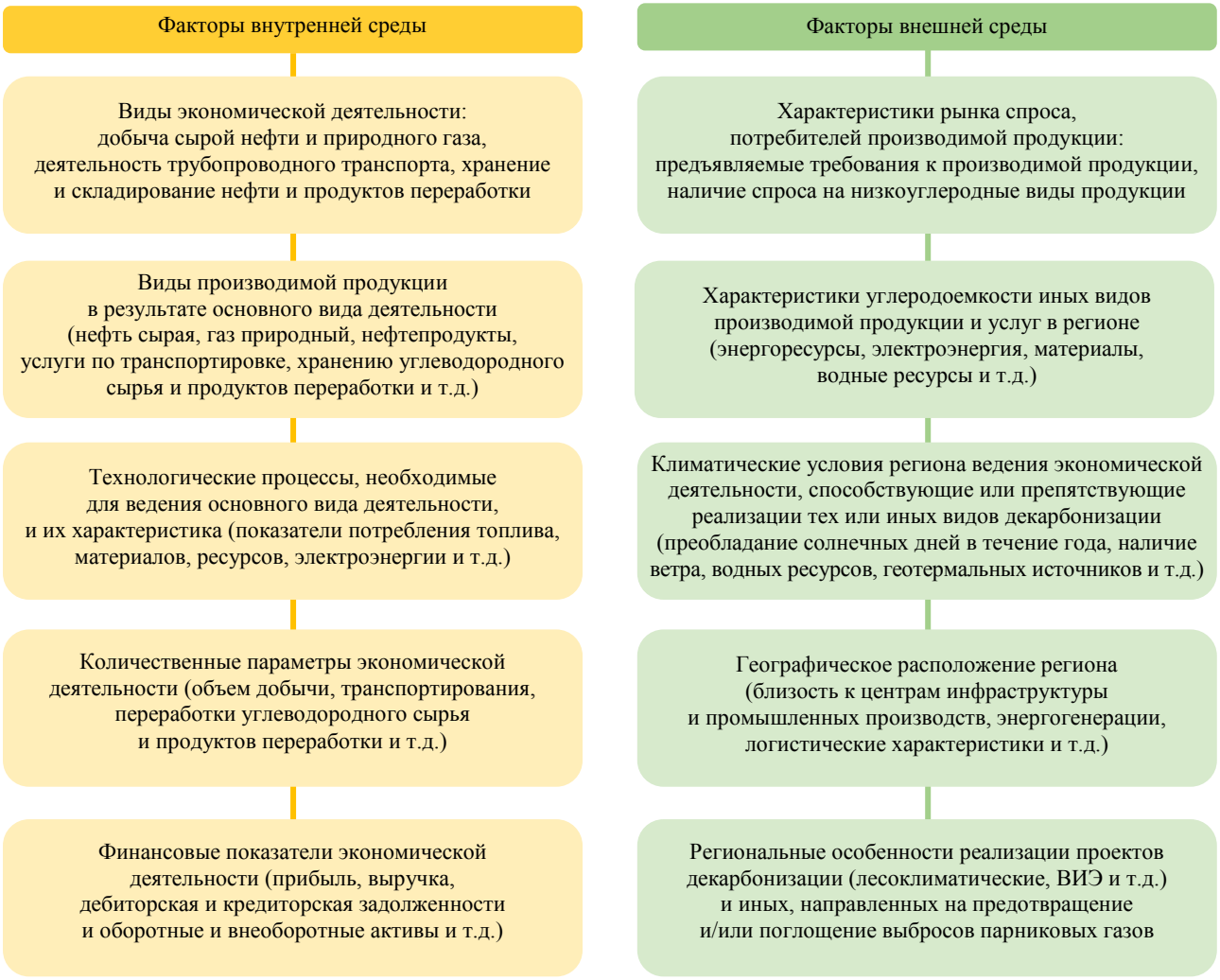


Рис.1. Факторы, влияющие на выбор направления декарбонизации
ВИЭ – возобновляемые источники энергии

Так, следуя Концепции устойчивого развития, рассматривающей реализуемые направления деятельности и проекты не только с точки зрения достижения цели устойчивого развития Организации Объединенных Наций № 13 (контроль над изменением климата), но и с точки зрения иных целей – эффективности использования ресурсов, сохранения чистого воздуха и воды, занятости населения, инноваций[5], необходимо выполнять поэтапную многокритериальную оценку проектов декарбонизации, что позволит выявить проекты, соответствующие максимальному количеству целей устойчивого развития, но при этом не являющиеся убыточными для нефтегазовой компании [29].

Ключевыми показателями максимальной приоритетности является одновременное выполнение условий, представленных на рис.2. Если выполняются только одно или два условия, проекты являются менее приоритетными.

Основополагающими индикаторами оценки приоритетности проектов декарбонизации с точки зрения устойчивого развития являются сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов и/или увеличение их поглощения, минимизация видов и количественных характеристик негативного воздействия на иные компоненты окружающей среды [30], максимизация «дополнительной полезности» проекта декарбонизации в виде ресурсо-, тепло-, материало- и энергосбережения, сокращение эксплуатационных затрат и максимизация положительного значения чистого дисконтированного дохода [31].

[5] Цели в области устойчивого развития. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/ (дата обращения 15.11.2023).

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024



Рис.2. Условия приоритетности проекта декарбонизации
ЧДД – чистый дисконтированный доход

В документах стратегического планирования нефтегазовых компаний могут фигурировать различные цели, ограничивающие реализацию ряда методов декарбонизации:

• наращивание объемов добычи углеводородного сырья, выпуск новых видов высокоуглеродной продукции (например, битума);

• расширение деятельности предприятия в новых регионах и странах присутствия, где принципы низкоуглеродного развития в производственную деятельность региона не интегрированы и др.

В связи с этим этап 1 процесса оценки проектов декарбонизации предназначен для сверки направления декарбонизации рассматриваемого проекта с политикой, целями, стратегией компании, а также для проверки наличия потенциальной результативности проекта декарбонизации (рис.3).

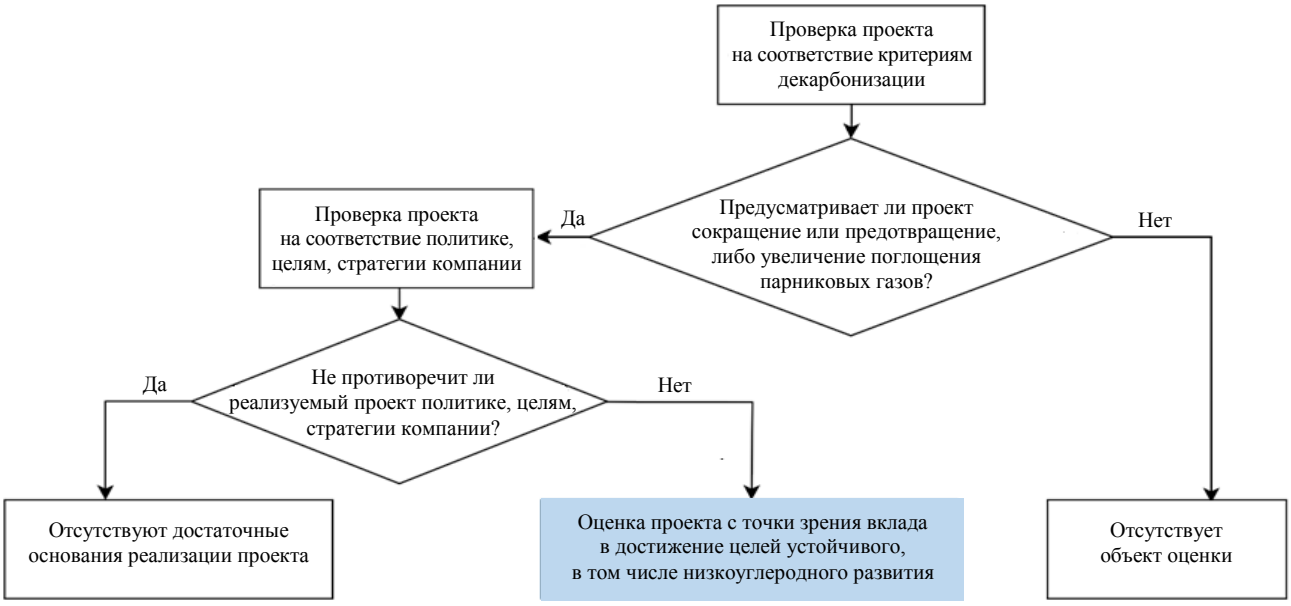


Рис.3. Этап 1 – предварительный отбор проектов декарбонизации, оценка целесообразности реализации проекта

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

После исключения проектов, не приводящих к сокращению выбросов парниковых газов в абсолютном и удельном выражении и противоречащих документам стратегического планирования, руководствуясь этапом 1 процесса отбора, оценки и ранжирования проектов декарбонизации (рис.3), необходимо перейти к этапу 2, включающему качественную оценку соответствия проекта критериям экологической, социальной, климатической и экономической эффективности [32, 33], а также принципам устойчивого развития (рис.4).

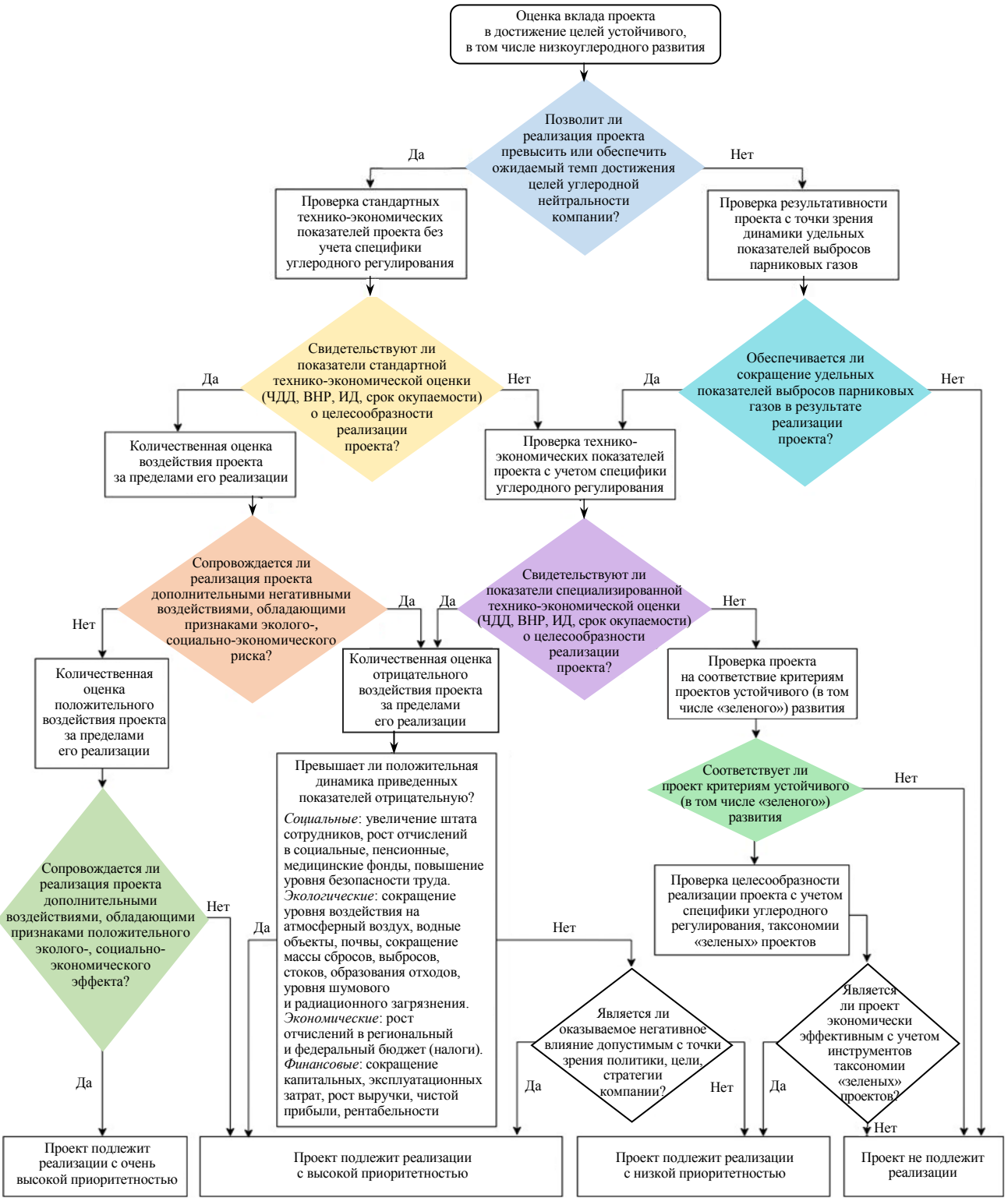


Рис.4. Этап 2 – оценка соответствия проекта декарбонизации критериям экономической, климатической и социальной эффективности и принципам устойчивого развития

ВНР – внутренняя норма рентабельности; ИД – индекс доходности

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Допускается, что на этапе 2 могут быть отобраны несколько проектов, соответствующих обозначенным критериям, что требует выполнения ранжирования и сопоставления таких проектов. Этап 3 предусматривает количественную оценку такого соответствия. На рис.5 отражен принцип приращения значения параметров соответствия критериям приоритетности, учитываемых накопленным итогом, который заключается в том, что каждый следующий критерий, находящийся на позиции выше предыдущего, рассматривается при условии выполнения нижестоящего критерия. Рост приоритетности проекта обуславливается усложнением выполнения обозначенных критериев, где пункт 1 самый сложный для выполнения, но при этом наиболее приоритетный, а пункт 8 – самый легкий для соответствия, но не гарантирующий приоритетности проекта.

Необходимо отметить разницу между пунктами 2 и 6 количественной оценки (рис.5). В работе предлагается выделить два подхода к выполнению технико-экономической оценки: стандартный (пункт 2) и специализированный (пункт 6). Под стандартным подходом понимается традиционный инструмент технико-экономического обоснования, содержащий формулу исчисления денежного потока, но не включающий применение специализированных инструментов низкоуглеродного регулирования, т.е. расчет выполняется по формулам ЧДД, ИД, ВНР, срока окупаемости и/или прочих традиционных показателей инвестиционной оценки. На данном этапе предстоит ответить на вопрос, является ли проект декарбонизации экономически эффективным без применения инструментов углеродного регулирования.

Проекты, показатели стандартной технико-экономической оценки которых являются положительными без учета инструментов углеродного регулирования (пункт 2), являются более привлекательными для предприятия, чем проекты, соответствующие пункту 6. Причиной этому является то, что мероприятия, предусмотренные проектом, способствуют сокращению операционных затрат, повышению уровня производства продукции при тех же или меньших выбросах парниковых газов, демонстрируя более низкие показатели углеродного следа продукции. Такими мероприятиями могут выступать проекты по повышению энергоэффективности [34], увеличению износостойкости оборудования, повышению уровня полезного использования добываемого сырья, сокращению утечек углеводородного сырья, предотвращению аварийных ситуаций со значительным ущербом и потерями углеводородного сырья. При этом высокие технико-экономические показатели в большинстве случаев не свойственны проектам декарбонизации. Именно поэтому были введены инструменты углеродного регулирования (выпуск и продажа углеродных единиц, плата за превышение квоты на выбросы парниковых газов), позволяющие повысить привлекательность таких проектов.

Очередность учета критериев построена следующим образом. Поскольку сокращение объемов хозяйственной деятельности не является ни климатическим проектом, ни проектом декарбонизации, первым критерием выступает сокращение удельного, а не абсолютного показателя выбросов [35]. Вторым критерием добавляется учет абсолютных показателей выбросов, но для сравнения используются не показатели «до реализации проекта» и «после реализации проекта», что ограничило бы увеличение масштаба производственной деятельности, а показатели «без проекта» и «с проектом» [36], что соответствует подходу климатических стандартов (ISO 14064-2, Gold Standard, Global Carbon Council, Verra и др.).

Далее учитывается результат специализированной экономической оценки, призванной стимулировать предприятия к реализации проектов декарбонизации. Если такой проект имеет положительные показатели, добавляется более широкий критерий – соответствие проектам устойчивого развития в редакции национальных нормативных документов. На данном этапе предусмотрена оценка соответствия проекта наилучшим доступным технологиям, выявление факта отсутствия превышения установленных лимитов и разрешений, которые являются менее строгими ограничениями, чем следующий критерий – минимальное негативное воздействие на иные сферы социальной и окружающей среды (водные объекты, почвы, воздух, биоразнообразие) или отсутствие такого воздействия.

Более сложным условием является наличие положительного воздействия на эксплуатационные показатели организации (например, сокращение операционных затрат), а затем оцениваются показатели технико-экономической оценки, не предусматривающие мер стимулирования предприятий по сокращению выбросов ПГ, т.е. если даже и без мер поддержки проект является экономически

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

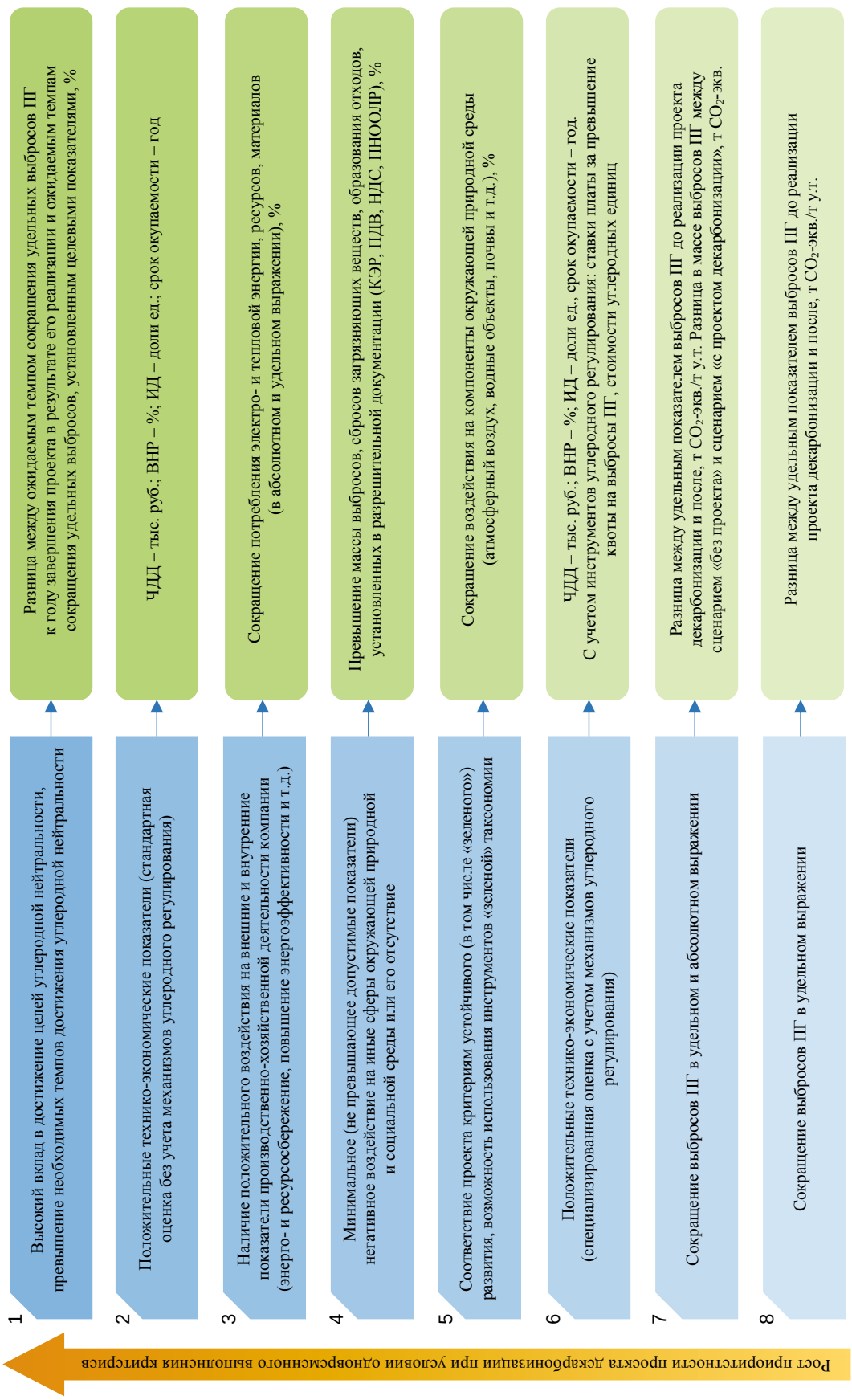


Рис.5. Этап 3 – количественная оценка соответствия проекта декарбонизации критериям с использованием принципа приращения степени приоритетности
КЭР – комплексное экологическое разрешение; ПДВ – предельно допустимые выбросы; НДС – нормативы допустимых сбросов;
ПНООЛР – проект нормативов образования отходов и лимитов их размещения

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024

эффективным, то степень его приоритетности высока и соответствует пункту 2. Если же при выполнении всех указанных критериев проект вносит существенный вклад в динамику показателей выбросов, то приоритетность такого проекта является абсолютной и соответствует пункту 1. При этом уровень существенности определяется предприятием в индивидуальном порядке и может выражаться как в достижении или превышении ожидаемых среднегодовых показателей сокращения выбросов ПГ, так и в достижении или превышении ожидаемого целевого показателя выбросов к целевому году.

Так, например, если в рамках проекта возможно сократить абсолютные и удельные показатели выбросов, но такое сокращение не будет сопровождаться положительными показателями технико-экономической оценки даже с учетом механизмов углеродного регулирования, то проекту будет присвоен уровень приоритетности 7. Либо при выполнении критериев, приведенных в рассмотренном примере, проект декарбонизации также будет отнесен к проектам устойчивого развития (будет выполняться также пункт 5 приоритетности), но минимального негативного воздействия на иные сферы окружающей среды обеспечено не будет (например, в рамках технического обслуживания оборудования проекта декарбонизации образуется значительное количество новых видов отходов), что не позволит данному проекту получить уровень 4 приоритетности.

Возможность или невозможность продвижения вверх по уровням приоритетности определяется измеримостью результата оценки в соответствии с показателями, указанными в блоке «количественное измерение критериев». На данном этапе можно получить ответ на вопрос, насколько реализуемый проект декарбонизации позволит компании обеспечить запланированные темпы достижения углеродной нейтральности: позволит ли он их превысить или благодаря данному проекту ожидается лишь незначительное сокращение показателя удельных выбросов ПГ? В случае, если предусмотрено сокращение только абсолютных выбросов ПГ, проект получает статус низкой приоритетности из-за его зависимости от объемов производимой продукции и количества продаваемых активов, что, в соответствии с национальным законодательством, не является методом декарбонизации.

В рамках выполняемой эколого-экономической и климатической оценки, предлагается использовать систему индикаторов, отражающих воздействие на элементы окружающей природной среды (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование стоков, изъятие водных ресурсов, иные виды воздействия на окружающую среду), социальной среды (изменение в численности штата сотрудников, размеры пенсионных, медицинских, страховых отчислений и т.д.), размер налоговых отчислений в региональные и федеральные бюджеты и т.д.

Существует большое количество подходов к выделению этапов инвестиционных проектов в зависимости от целей исследования, обозначаются предынвестиционные, инвестиционные, эксплуатационные и ликвидационные стадии. Для данного исследования первые две стадии объединены из-за отсутствия детализированного инвестиционного анализа, и проекты декарбонизации проходят три стадии:

• предэксплуатационная – проектирование, закупка и монтаж оборудования, строительные работы, демонтаж, реконструкция, модернизация, техническое перевооружение;

• эксплуатационная – эксплуатация оборудования, технологий, направленных на сокращение выбросов ПГ;

• постэксплуатационная – демонтаж оборудования, рекультивация (если применимо в связи с истечением срока эксплуатации).

В исследовании рассмотрена только вторая стадия – эксплуатационная, поскольку именно с ней связана реализация проекта, отражающая выбросы первой и второй сфер охвата. Предэксплуатационная и постэксплуатационная стадии в исследовании не отражены, так как представляют третью сферу охвата, для которой на национальном уровне методических рекомендаций не разработано. Исключение для выборки составляют показатели, используемые для исчисления чистого дисконтированного дохода, которые в том числе включают сумму капитальных затрат предэксплуатационной стадии, без которых такая оценка не представляется возможной. Абсолютные показатели, относящиеся к эксплуатационной стадии проекта декарбонизации, приведены в табл.1.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Таблица 1

Этап 4 – система количественной климатической и эколого-экономической оценки проектов декарбонизации с применением абсолютных показателей

№ п/п	Параметр проекта декарбонизации	Характеристика параметра в натуральном выражении	Характеристика параметра в стоимостном выражении, тыс. руб.
1	Энергопотребление, МВт·ч, Гкал	Объем потребления электрической, тепловой энергии	Стоимость потребляемой электрической, тепловой энергии
2	Ресурсопотребление, $м^3$, т	Объем потребления ресурсов, используемых в рамках основной деятельности (вода, песок, пар, проппант, цемент, пеноизол, химреагенты, присадки, металлоконструкции, топливо, иные материалы)	Стоимость потребляемых ресурсов
3	Воздействие на иные компоненты окружающей среды, т	Масса образования, инсинерации, захоронения отходов*; масса сбросов загрязняющих веществ в водные объекты; масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	Плата за негативное воздействие на окружающую среду
4	Климатический ущерб, вызванный невыполнением законодательных требований, тыс. т CO_2-экв.	Масса выбросов парниковых газов, превышающая размер установленной квоты на выбросы (при наличии такого превышения)	Сумма платы за превышение установленных квот на выбросы ПГ
5	Капитальные затраты проекта декарбонизации, в том числе направленные на производство новых видов продукции (если применимо), ед.	Количество единиц закупленного оборудования, материалов, относимых на капитальные затраты; оказанные услуги сторонних организаций (проектирование, научно-исследовательские работы и др.); выполненные работы сторонних организации (строительство, монтаж и др.)	Стоимость закупленных единиц оборудования, выполненных работ, услуг
6	Климатическая эффективность проекта декарбонизации, тыс. т CO_2-экв	Изменение массы выбросов по первой, второй, третьей сферам охвата; изменение массы поглощения выбросов ПГ; изменение массы предотвращения выбросов ПГ	Стоимость выпущенных углеродных единиц (единиц сокращения выбросов)
7	Наличие дополнительного финансового эффекта, т у.т.; ТДж, МВт	Производство основных видов продукции; производство новых видов продукции	Величина выручки от реализации дополнительных объемов основных видов продукции и/или новой, произведенной в результате проекта декарбонизации (если применимо)
8	Состояние экономики (наполняемость бюджетов) региона, страны, тыс. руб.	Налоговые отчисления предприятия – налог на добавленную стоимость (НДС), налог на прибыль, налог на имущество	Величина налоговых отчислений в региональные и федеральный бюджеты в результате реализации проекта декарбонизации и смежных вовлеченных проектов, в том числе налоги, отчисления на социальные, страховые, пенсионные, медицинские нужды
9	Социальная эффективность, чел.	Разница в количестве новых рабочих мест, создаваемых проектом к величине ранее существовавших рабочих мест (с учетом приостановки иных проектов, работ, если применимо)	

* Одновременное условие: если масса отходов ранее захоранивалась, а в рамках проекта декарбонизации отход подвергается инсинерации, то положительный эффект не учитывается.

С учетом того, что принятие решений о реализации инвестиционных проектов базируется в первую очередь на их технико-экономических показателях [37, 38], такая оценка и выполняется на следующем этапе.

На этапе 4 отбора, оценки и ранжирования проектов декарбонизации предлагается выявить абсолютные показатели влияния проекта декарбонизации в разрезах компании и национальной экономики, выраженные в натуральном и стоимостном выражении (табл.1). Строки 1-7 содержат показатели, отражающие влияние проекта декарбонизации на предприятие, реализующее проект, при этом строки 1-5 связаны с затратной частью проекта, а строки 6-7 – с доходной. Строки 8-9 содержат показатели, отражающие влияние на национальную экономику и социальную среду.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024

С учетом возможной разнонаправленности динамики указанных параметров предлагается выявлять количественные показатели потенциальных изменений. С этой целью необходимо выделить абсолютные показатели, с помощью которых возможно оценить величину доходной части проекта, операционных затрат, а также определить величину экономического эффекта за пределами проекта. Абсолютные показатели целесообразно использовать для сравнительной оценки проектов декарбонизации и сравнивать за весь анализируемый период в одном случае с проектом декарбонизации, в другом случае – без проекта, либо сравнивать проекты между собой. Такой подход позволит выявить целесообразность реализации отдельно взятого проекта в сравнении с иными, реализуемыми на том же предприятии.

На основании табл.1 можно сформировать подход к количественной оценке проекта декарбонизации в абсолютном, денежном выражении (за весь период реализации) путем сопоставления оттоков и притоков денежных средств:

• для компании, показатель внутреннего влияния проекта декарбонизации

$$D_{int} = \sum_{t=0}^{T} \frac{\left(ER_i \times P_{CU} - CAPEX \times r_{greenium} + \Delta OPEX + Prod_{NEW} \times P_{Prod_{NEW}} \right)_t}{\left(1+r\right)^t}, \quad (1)$$

где ER_i – совокупная величина сокращения выбросов в результате реализации проекта декарбонизации i, тыс. т CO_2-экв.; P_{CU} – стоимость одной единицы сокращения выбросов ПГ, углеродной единицы, тыс. руб./ тыс. т CO_2-экв.; $CAPEX$ – капитальные затраты на реализацию проекта декарбонизации, тыс. руб.; $r_{greenium}$ – корректирующий коэффициент, учитывающий льготные условия финансирования (при наличии) в случае соответствия проекта декарбонизации критериям устойчивых, в том числе «зеленых» проектов; $Prod_{NEW}$ – количество произведенных новых видов продукции в результате реализации проекта декарбонизации, ед.; $P_{Prod_{NEW}}$ – стоимость единицы произведенных новых видов продукции, тыс. руб./ед.; t – год; r – ставка дисконтирования, %; $\Delta OPEX$ – изменение операционных затрат в результате реализации проекта декарбонизации, если для предприятия установлены квоты на выбросы ПГ и допущено превышение установленных квот,

$$\begin{cases} \Delta OPEX = -\left(C_{energy_i} + C_{materials_i} + C_{impact_i}\right) + \\ + CR_{energy_D} + CR_{materials_D} + CR_{impact_D} - \left(\left(E - ER_i\right) - E_q\right)T_e; \\ \left(E - ER_i\right) > E_q; \end{cases}$$

C_{energy_i} – затраты на потребление энергии для обеспечения проекта декарбонизации, тыс. руб.; CR_{energy_D} – сокращение затрат на потребление энергии в результате реализации проекта декарбонизации, тыс. руб.; $C_{materials_i}$ – затраты на потребление ресурсов, материалов для обеспечения проекта декарбонизации, тыс. руб.; $CR_{materials_D}$ – сокращение затрат на потребление ресурсов, материалов в результате реализации проекта декарбонизации, тыс. руб.; C_{impact_i} – плата за негативное воздействие на окружающую среду от проекта декарбонизации, тыс. руб.; CR_{impact_D} – сокращение платы за негативное воздействие на окружающую среду в результате реализации проекта декарбонизации, тыс. руб.; E – выбросы ПГ предприятия в соответствии с базовой линией, без реализации проекта декарбонизации., тыс. т CO_2-экв; E_q – установленная квота на выбросы ПГ, при наличии, тыс. т CO_2-экв.; T_e – плата за превышение установленной квоты выбросов, тыс. руб.; в случае, если квоты не установлены, либо превышения квот нет, формула принимает следующий вид:

$$\begin{cases} \Delta OPEX = -\left(C_{energy_i} + C_{materials_i} + C_{impact_i}\right) + \\ + CR_{energy_D} + CR_{materials_D} + CR_{impact_D}; \\ \left(E - ER_i\right) \le E_q; \end{cases}$$

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

• для национальной экономики, показатель внешнего влияния (экономической эффективности) проекта декарбонизации, тыс. руб.

$$D_{ext} = \Delta Tax + \Delta Payments, \quad (2)$$

где ΔTax – изменение налоговых платежей с учетом возможного их сокращения от реализации основных видов деятельности и роста налоговых платежей в результате реализации проекта декарбонизации, тыс. руб.; $\Delta Payments$ – изменение социальных платежей с учетом возможного их сокращения от реализации основных видов деятельности и роста социальных платежей в результате реализации проекта декарбонизации (превышение количества нанятых сотрудников над количеством сокращенных), тыс. руб.

С помощью приведенных абсолютных показателей можно получить и удельные, позволяющие дополнительно сопоставлять проекты декарбонизации по отдельно взятому параметру, в натуральном и стоимостном выражении (табл.2).

Таблица 2

Этап 5 – система количественной климатической и эколого-экономической оценки проектов декарбонизации с применением удельных показателей

Показатель	Характеристика показателя	Единицы измерения
Показатель воздействия проекта на климат	Изменение углеродного следа реализуемой продукции на всей цепочке поставок	т CO_2-экв./т у.т.; тыс. т CO_2-экв./ТДж
Показатель энергопотребления	Изменение потребления электроэнергии на единицу произведенной или реализованной продукции	МВт·ч/т у.т.; МВт·ч/б.н.э.; МВт·ч/тыс. руб.
Показатель ресурсопотребления	Потребление отдельных видов ресурсов и материалов, используемых в рамках основной деятельности (вода, песок, проппант, цемент, пеноизол, химреагенты, присадки, топливо, иные материалы) на единицу произведенной продукции	т/т у.т.; $м^3$/т у.т.; т/ТДж; $м^3$/ТДж
Показатель воздействия проекта на окружающую природную среду	Масса образования, инсинерации, захоронения отходов, масса сбросов загрязняющих веществ в водные объекты, масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу произведенной продукции	т отходов по классам опасности/т у.т., т загрязняющих веществ по видам/т у.т., т отходов, по классам опасности/ТДж, т загрязняющих веществ, по видам/ТДж
Показатель затрат проекта	Величина капитальных и операционных затрат проекта на массу сокращения выбросов ПГ	тыс. руб./т CO_2-экв.
Экономико-климатический коэффициент	Величина капитальных и операционных затрат на стоимость реализации единиц сокращения выбросов ПГ (углеродных единиц)	тыс. руб./тыс. руб.
Фискально-климатический коэффициент	Величина налоговых отчислений в результате реализации проекта декарбонизации (НДС, налог на имущество, налог на прибыль) на массу сокращения выбросов ПГ	тыс. руб./т CO_2-экв.
Социально-климатический коэффициент	Величина отчислений на страховые, пенсионные, медицинские нужды в отношении персонала, вовлеченного в реализацию проекта декарбонизации на массу сокращения выбросов ПГ, заработная плата таких сотрудников	тыс. руб./т CO_2-экв.

В одних случаях при оценке удельных показателей используется объем производимой продукции, а в других – реализованной. Это связано с тем, что реализованная продукция предполагает учет процессов транспортирования и поставки продукции конечному потребителю, что более точно соответствует подходам оценки всех сфер охвата по цепочке создания стоимости продукции. При этом объем продукции получается сокращенным на величину технологических потерь и объемов, оставшихся на складах и не реализованных по экономическим, логистическим и иным причинам. Учет объема произведенной продукции в удельных показателях является применимым для анализа и последующей оптимизации производственных процессов, операционной деятельности.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1038-1055
© Н.А.Шевелева, 2024

Удельные показатели используются для выявления результативности реализации проекта путем сравнения удельного показателя в базовом и отчетном году, если проект находится в процессе реализации и сравнения базового года и года завершения реализации проекта декарбонизации, если проект завершен или оцениваются прогнозируемые показатели. Удельные показатели отчетного года могут быть использованы для выявления наиболее приоритетного проекта из нескольких возможных, ориентируясь на наиболее значимый для предприятия ключевой удельный показатель.

В качестве примера проекта, на котором продемонстрированы результаты этапа 5 предложенного алгоритма – применение системы количественной климатической и эколого-экономической оценки проекта декарбонизации, выступил проект повышения уровня утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ), реализуемый с 2018 г. на месторождении А Ханты-Мансийского автономного округа – Югра. Объем добычи ПНГ за рассматриваемый 15-летний период проекта составил 1424,85 млн м^3. Проект декарбонизации заключается в сокращении выбросов парниковых газов от сжигания ПНГ на факельной установке посредством выработки электроэнергии на блочно-модульной газопоршневой электростанции (ГПЭС), в рамках которого достигается повышение уровня утилизации с 95 до 99 % и обеспечивается выполнение принципа дополнительности к существующим требованиям законодательства[6]. Сокращение выбросов не является результатом воздействия внешних факторов, не достигается за счет сокращения хозяйственной деятельности и не приводит к увеличению массы выбросов за пределами проекта, что позволяет сделать вывод о соответствии проекта установленным критериям[7]. Исходными данными по проекту выступают параметры, представленные в табл.3, часть из которых рассматривается в разрезе проекта декарбонизации (4, 6, 9, 10, 11), часть – в разрезе всего предприятия (5, 7, 8, 12, 13) для оценки влияния проекта декарбонизации на показатели основной производственной деятельности предприятия. Выручка от реализации углеродных единиц (11) оценивается путем умножения количества верифицированных единиц сокращения выбросов на стоимость продажи углеродных единиц.

Таблица 3

Исходные данные без проекта декарбонизации и с проектом

№ п/п	Параметр	Без проекта утилизации	С проектом утилизации
1	Добыча ПНГ, млн м^3	1424,85	1424,85
2	Утилизация ПНГ, % от добычи	95	99
3	Утилизация ПНГ, млн м^3	1353,61	1410,60
4	Сжигание ПНГ, млн м^3	71,24	14,25
5	Капитальные вложения (проект), тыс. руб.	0,00	102900,00
6	Операционные расходы предприятия, тыс. руб.	561000,00	400943,60
7	Масса образования отходов, т	582,00	593,64
8	Масса выбросов загрязняющих веществ, т	1781,06	413,21
9	Масса выбросов парниковых газов, в том числе	249448,49	1172,93
	факельное сжигание, т CO_2-экв.	249448,49	1164,15
	ГПЭС, т CO_2-экв.	0,00	8,79
10	Количество выработанной электроэнергии, МВт·ч	0,00	30,90
11	Выручка от реализации углеродных единиц, тыс. руб.	0,00	496568,68
12	Плата за образование отходов, тыс. руб.	552,90	563,96
13	Плата за выбросы загрязняющих веществ, тыс. руб.	534,32	123,96

Примечание. Таблица составлена на основании данных о проекте декарбонизации.

[6] Постановление Правительства РФ от 08.11.2012 № 1148 «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа». URL: https://base.garant.ru/70257422/ (дата обращения 15.11.2023).

[7] Приказ Министерства экономического развития от 11.05.2022 № 248 «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

В качестве дополнительных положительных результатов проекта можно выделить существенное сокращение массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а также сокращение операционных затрат на энергоснабжение месторождения, поскольку вырабатываемая электроэнергия используется на промысле и новым видом реализуемой продукции не является. К негативным результатам проекта можно отнести увеличение массы образования отходов в результате обслуживания ГПЭС (на 2 %), а также рост платы за выбросы загрязняющих веществ (на 54 %) по причине появления новых видов загрязняющих веществ, эмитируемых в процессе эксплуатации ГПЭС (азота диоксид, азота оксид и др.), тарифицируемых по соответствующим ставкам платы[8]. При этом выручка от реализации углеродных единиц окупает плату за образование отходов и выбросы загрязняющих веществ, капитальных затрат проекта. Чистый дисконтированный денежный поток проекта декарбонизации составил 53624,00 тыс. руб. (при ставке дисконтирования 15 %). Результирующие удельные индикаторы представлены в табл.4.

Таблица 4

Результаты количественной оценки проекта декарбонизации

Система количественной оценки проекта декарбонизации	Без проекта	Проект декарбонизации
Показатель воздействия проекта на климат, т CO_2-экв./т у.т.	16,41	0,08
Показатель воздействия проекта на окружающую природную среду (т/т у.т.), в том числе	0,79	0,59
отходы	0,05	0,05
выбросы загрязняющих веществ	1,52	1,13
Показатель затрат проекта, тыс. руб./т CO_2-экв.	Не применимо	0,46
Экономико-климатический коэффициент, тыс. руб./тыс. руб.	Не применимо	0,23
Фискально-климатический коэффициент, тыс. руб./т CO_2-экв.	Не применимо	0,42
Социально-климатический коэффициент, тыс. руб./т CO_2-экв.	Не применимо	0,05

Примечание. Добыча нефти за рассматриваемый период составила 10626,90 тыс. т. Для перевода количественного показателя добычи (нефти) из тонн в т у.т. использован коэффициент 1,43.

Рассматриваемый показатель воздействия проекта на климат рассчитывается в установленных границах изменяемых технологических процессов (обращение с ПНГ «без проекта» и «с проектом») и не учитывает иных выбросов парниковых газов предприятия, чтобы исключить влияние сторонних изменяемых факторов. Так, в результате реализации проекта снизился экономико-климатический коэффициент (табл.4), рассматриваемый в границах отдельно взятого проекта декарбонизации – утилизации ПНГ. Для достижения сокращения выбросов в размере одной тонны CO_2-экв. проектом были предусмотрены совокупные затраты в размере 460 руб./т CO_2-экв., о чем свидетельствует показатель затрат проекта. Экономико-климатический коэффициент <1 и равен 0,23, что демонстрирует превышение выручки от реализации углеродных единиц над капитальными и операционными затратами проекта. Также на каждую тонну сокращения выбросов ПГ приходится 420 руб. налоговых и 50 руб. социальных отчислений (фискально- и социально-климатические коэффициенты).

Дискуссия.

Предприятия нефтегазового комплекса, установившие цели сокращения выбросов ПГ [2, 31], сталкиваются с проблемой выбора приоритетного проекта декарбонизации или группы таких проектов, реализация которых призвана не только обеспечить достижение поставленных целей, но и приобрести дополнительные особенности: характеризоваться максимальными показателями ЧДД, оказывать минимальное негативное воздействие на окружающую социальную и природную среду и климат как внутри, так и за пределами проекта [11], соответствовать критериям климатических проектов, установленных стандартами и нормативными требованиями. Обилие различных направлений декарбонизации [3, 5] позволяет компаниям выделить несколько проектов, которые могут

[8] Постановление Правительства РФ от 13.09.2016 № 913 «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

стать возможными с учетом географических, инфраструктурных, технологических характеристик [7]. При этом в большинстве случаев, компания рассматривает потенциальную экономическую эффективность проектных решений.

Безусловно, каждый из реализуемых проектов будет характеризоваться различными показателями сокращения выбросов, капитальных и эксплуатационных затрат, различными показателями воздействия на окружающую среду и суммами платы за негативное воздействие, что потребует вовлечения различного количества управленческого и производственного персонала. При этом все различия оцениваются в стоимостном выражении с помощью формулы (1), благодаря чему компания имеет унифицированную характеристику каждого проекта в денежном эквиваленте. Стандартные механизмы технико-экономической оценки не включают в себя детализированную оценку платы за негативное воздействие на окружающую среду, не учитывают инструменты углеродного регулирования, льготных условий кредитования, финансирования в разрезе «зеленой» таксономии, поэтому такая оценка имеет более низкий уровень точности. Доработка существующих инструментов технико-экономической оценки инвестиционных проектов с учетом особенностей углеродного регулирования позволила учесть и нюансы климатического регулирования, и предусмотреть количественные аспекты влияния таких проектов на окружающую среду.

Так, например, предприятие, ориентируясь на весь период реализации проекта, сможет оценить, какую выручку возможно извлечь в результате продажи углеродных единиц, как это сопоставимо с капитальными и эксплуатационными затратами, какой суммы налоговых выплат удалось избежать и каким образом изменится сумма платы за воздействие на окружающую среду в результате проекта декарбонизации.

При этом для более глубокого анализа и декомпозиции составляющих количественной оценки предлагается не пренебрегать качественным этапом оценки, где будет выявлено наличие или отсутствия воздействия на компоненты окружающей социальной и природной среды, наличие или отсутствие новых видов продукции, производимых в результате реализации проекта, что позволит более четко синхронизировать проект декарбонизации с иными аспектами хозяйственной деятельности предприятия.

Также важным практическим аспектом является оценка точечных удельных параметров – энергопотребления, коэффициентов экономико-климатической эффективности и иных (см. табл.2), что будет способствовать принятию корректного решения при прочих равных (или как минимум относительно сопоставимых) показателях, полученных на предыдущих этапах оценки. Дальнейшие направления исследований могут быть связаны с адаптацией инструментария бюджетирования капиталовложений как в контексте проектов декарбонизации, так и за их пределами.

Заключение.

В ходе развития методологии эколого-экономической оценки проектов декарбонизации нефтегазовых компаний были выделены внутренние и внешние факторы, влияющие на выбор проекта, определены экономические, климатические и экологические условия приоритетности таких проектов, предложен пятиэтапный процесс отбора, оценки и ранжирования потенциальных проектов декарбонизации, включающий оценивание целесообразности реализации проекта и оценку соответствия установленных критериям, сформированных по принципу возрастания приоритетности, предложены инструменты количественной оценки и сравнительного анализа проектов декарбонизации с применением абсолютных и удельных показателей.

Выбор оптимальных проектов декарбонизации для предприятия нефтегазового комплекса может быть осуществлен с помощью качественно-количественного анализа, включающего многокритериальную оценку проекта с точки зрения климатических, экологических, экономических и социальных факторов. Многообразие проектов декарбонизации требует наличия унифицированного механизма их сравнительного анализа, предложенного в настоящем исследовании. Уточнение приоритетов и дополнительных критериев, устанавливаемых компаниями в отношении проектов декарбонизации, послужит основой для совершенствования методов принятия управленческих решений ради достижения целей сокращения выбросов парниковых газов, а также для последующей автоматизации процессов управления выбросами парниковых газов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

ЛИТЕРАТУРА

1. *Zhoujie Wang, Songyan Li, Zhijun Jin et al.* Oil and gas pathway to net-zero: Review and outlook // Energy Strategy Reviews. 2023. Vol. 45. № 101048. DOI: 10.1016/j.esr.2022.101048

2. *Cherepovitsyna A., Sheveleva N., Riadinskaia A., Danilin K.* Decarbonization Measures: A Real Effect or Just a Declaration? An Assessment of Oil and Gas Companies' Progress towards Carbon Neutrality // Energies. 2023. Vol. 16. Iss. 8. № 3575. DOI: 10.3390/en16083575

3. *Грушевенко Е., Капитонов С., Мельников Ю. и др.* Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. М.: Московская школа управления СКОЛКОВО, 2021. 158 с.

4. *Romasheva N., Cherepovitsyna A.* Renewable Energy Sources in Decarbonization: The Case of Foreign and Russian Oil and Gas Companies // Sustainability. 2023. Vol. 15. Iss. 9. № 7416. DOI: 10.3390/su15097416

5. *Шевелева Н.А.* Направления и методы декарбонизации нефтегазового сектора // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2023. № 2 (311). С. 25-31. DOI: 10.33285/2411-7013-2023-2(311)-25-31

6. *Череповицын А.Е., Цветков П.С., Евсеева О.О.* Критический анализ методических подходов к оценке устойчивости арктических нефтегазовых проектов // Записки Горного института. 2021. Т. 249. С. 463-479. DOI: 10.31897/PMI.2021.3.15

7. *Кириллов И.С.* Оценка инвестиционных проектов в российской нефтегазовой отрасли: экономические, социальные и экологические аспекты: Автореф. дис. … канд. экон. наук. М.: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2013. 24 с.

8. *Вурдова Н.Г., Лищук А.Н.* Влияние эколого-экономических рисков на эффективность инвестиционно-строительного проекта реконструкции очистных сооружений // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2023. № 3 (312). С. 23-31. DOI: 10.33285/2411-7013-2023-3(312)-23-31

9. *Ярыгин Г.А., Вильчек Г.Е.* Применение стратегической экологической оценки для оптимизации нефтегазовых проектов на шельфе // Neftegaz.RU. 2013. № 11-12. С. 42-45.

10. *Дьяков М.Ю., Михайлова Е.Г., Шарахматова В.Н.* Стратегическая экологическая оценка в региональном планировании // Проблемы развития территории. 2019. № 2 (100). С. 80-94. DOI: 10.15838/ptd/2019.2.100.5

11. *Крайнова Э.А., Мушба Б.В.* Эколого-экономическая сбалансированность принятия решений в период энергетического перехода к декарбонизации нефтегазовой отрасли // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 5 (209). С. 37-44. DOI: 10.33285/1999-6942-2022-5(209)-37-44

12. *Пинаев В.Е.* Моделирование системы оценки проектов нефтегазовой отрасли на примере Ямало-Ненецкого автономного округа // Науковедение. 2016. Т. 8. № 4. 13 с.

13. *Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л.* Экологический мультипликатор участия федерального и регионального бюджетов в проектах добывающих компаний // Экономика. Налоги. Право. 2022. Т. 15. № 3. С. 99-109. DOI: 10.26794/1999-849X-2022-15-3-99-109

14. *Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л.* Моделирование региональной торговли квотами на загрязнение окружающей среды // Экономика. Налоги. Право. 2022. Т. 15. № 4. С. 96-106. DOI: 10.26794/1999-849X-2022-15-4-96-106

15. *Ветрова М.А., Богданова А.А., Яруллина И.Э.* Декарбонизация нефтегазовой отрасли в условиях развития циркулярной экономики // Проблемы современной экономики. 2021. № 3 (79). С. 196-199.

16. *Рекорд С.И., Куликов Д.В.* Международные аспекты формирования технико-экономической модели декарбонизации природного газа // Проблемы современной экономики. 2019. № 3 (71). С. 176-180.

17. *Козеняшева М.М., Савинова А.А.* Декарбонизация в сфере международного судоходства // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2023. № 1 (217). С. 60-65. DOI: 10.33285/1999-6942-2023-1(217)-60-65

18. *Заединов А.В.* Модернизация бизнес-модели климатических проектов в условиях становления российской секвестрационной индустрии // Проблемы современной экономики. 2023. № 2 (86). С. 202-206.

19. *Jenvey N.* Technology Focus: Decarbonization // Journal of Petroleum Technology. 2021. Vol. 73. Iss. 07. P. 64. DOI: 10.2118/0721-0064-JPT

20. *Данилин К.П., Череповицына А.А., Белошицкий А.В.* Об отчетности нефтегазовых компаний о выбросах парниковых газов по сфере охвата 3 // Нефтяное хозяйство. 2023. № 5. С. 139-144. DOI: 10.24887/0028-2448-2023-5-139-144

21. *Kurka T.* Application of the analytic hierarchy process to evaluate the regional sustainability of bioenergy developments // Energy. 2013. Vol. 62. P. 393-402. DOI: 10.1016/j.energy.2013.09.053

22. *Ильинова А.А., Ромашева Н.В., Стройков Г.А.* Перспективы и общественные эффекты проектов секвестрации и использования углекислого газа // Записки Горного института. 2020. Т. 244. С. 493-502. DOI: 10.31897/PMI.2020.4.12

23. *Singh H., Chengxi Li, Peng Cheng et al.* Real-Time Optimization and Decarbonization of Oil and Gas Production Value Chain Enabled by Industry 4.0 Technologies: A Critical Review // SPE Production & Operation. 2023. Vol. 38. Iss. 3. P. 433-451. DOI: 10.2118/214301-PA

24. *Ponkratov V.V., Kuznetsov A.S., Muda I. et al.* Investigating the Index of Sustainable Development and Reduction in Greenhouse Gases of Renewable Energies // Sustainability. 2022. Vol. 14. Iss. 22. № 14829. DOI: 10.3390/su142214829

25. *Agbaji A.L., Morrison R., Lakshmanan S.* ESG, Sustainability and Decarbonization: An Analysis of Strategies and Solutions for the Energy Industry / SPE EuropEC – Europe Energy Conference featured at the 84th EAGE Annual Conference & Exhibition, 5-8 June 2023, Vienna, Austria. OnePetro, 2023. № SPE-214346-MS. DOI: 10.2118/214346-MS

26. *Cortez M.C., Andrade N., Silva F.* The environmental and financial performance of green energy investments: European evidence // Ecological Economics. 2022. Vol. 197. № 107427. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2022.107427

27. *Boguslavsky D.V., Sharov K.S., Sharova N.P.* Using Alternative Sources of Energy for Decarbonization: A Piece of Cake, but How to Cook This Cake? // Environmental Research and Public Health. 2022. Vol. 19. Iss. 23. № 16286. DOI: 10.3390/ijerph192316286

28. *Tsai W.-H.* Carbon Emission Reduction – Carbon Tax, Carbon Trading, and Carbon Offset // Energies. 2020. Vol. 13. Iss. 22. № 6128. DOI: 10.3390/en13226128

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

29. *Al Kindi O.M., Al Hinai S., Ghefeili H. et al.* Decarbonization Will Not Come for Free: Asset-M Marginal Abatement Cost Curve / SPE EuropEC – Europe Energy Conference featured at the 84th EAGE Annual Conference & Exhibition, 5-8 June 2023, Vienna, Austria. OnePetro, 2023. № SPE-214414-MS. DOI: 10.2118/214414-MS

30. *Yasemi S., Khalili Y., Sanati A., Bagheri M.* Carbon Capture and Storage: Application in the Oil and Gas Industry // Sustainability. 2023. Vol. 15. Iss. 19. № 14486. DOI: 10.3390/su151914486

31. *Телегина Е.А., Чапайкин Д.А.* Направления энергетического перехода в политике глобальных нефтегазовых компаний // Проблемы прогнозирования. 2022. № 5. С. 129-138. DOI: 10.47711/0868-6351-194-129-138

32. *Горбачева Н.В.* Сравнительный анализ декарбонизации экономики Сибири и Скандинавии: цена, стоимость и ценность энергии // Вопросы экономики. 2023. № 10. С. 124-148. DOI: 10.32609/0042-8736-2023-10-124-148

33. *Порфирьев Б.Н., Широв А.А., Колпаков А.Ю., Единак Е.А.* Возможности и риски политики климатического регулирования в России // Вопросы экономики. 2022. № 1. С. 72-89. DOI: 10.32609/0042-8736-2022-1-72-89

34. *Колпаков А.Ю.* Энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа и определяющие факторы // Проблемы прогнозирования. 2020. № 6. С. 141-153. DOI: 10.47711/0868-6351-183-141-153

35. *Yuh-Ming Tsai, Cherng-Yuan Lin.* Effects of the Carbon Intensity Index Rating System on the Development of the Northeast Passage // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. Vol. 11. Iss. 7. № 1341. DOI: 10.3390/jmse11071341

36. *Глебов Л.С. Глебова Е.В.* Эмиссия CO_2 в производстве и использовании дизельного топлива и биодизеля // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2021. № 2 (299). С. 23-27. DOI: 10.33285/2411-7013-2021-2(299)-23-27

37. *Karaeva A., Magaril E., Al-Kayiem H. et al.* Approaches to the assessment of ecological and economic efficiency of investment projects: Brief review and recommendations for improvements // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2021. Vol. 253. P. 515-525. DOI: 10.2495/SC210421

38. *Makepa D.C., Chihobo H.C., Musademba D.* Techno-economic analysis and environmental impact assessment of biodiesel production from bio-oil derived from microwave-assisted pyrolysis of pine sawdust // Heliyon. 2023. Vol. 9. Iss. 11. № e22261. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e22261

***Автор* Н.А.Шевелева,** *канд. экон. наук, научный сотрудник, доцент, sheveleva.n@gubkin.ru, https://orcid.org/0009-0000-7243-3196* (*Институт экономических проблем имени И.П.Лузина КНЦ РАН, Апатиты, Россия*; *РГУ нефти и газа* (*НИУ*) *имени И.М.Губкина, Москва, Россия*).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0