

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание учёной степени
доктора экономических наук Череповицкой Алины Александровны
на тему: «Декарбонизация промышленных систем:
экономика улавливания и хранения углекислого газа»
по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(экономика природопользования и землеустройства)**

Актуальность темы диссертационного исследования

Глобальное изменение климата требует системных мер по снижению выбросов парниковых газов (ПГ), значительная доля которых приходится на энергетику (около 32%) и иные отрасли промышленности (7%). В условиях усиления эколого-климатических требований со стороны правительств значительного количества стран и мирового сообщества в целом, а также стремления к углеродной нейтральности, промышленные компании вынуждены трансформировать свои стратегии, внедряя технологии декарбонизации. На глобальном уровне ключевыми направлениями декарбонизации считают такие, как: расширение использования возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности, электрификация и сокращение выбросов метана.

За рубежом и в России, несмотря на признание важности повышения энергоэффективности для снижения выбросов парниковых газов, отмечается её ограниченный потенциал, что обуславливает необходимость перехода к альтернативным решениям, включая развитие водородной энергетики и использование биомассы для получения энергии и, в особенности, к масштабному внедрению технологий улавливания, хранения и использования углекислого газа (УХУ, CCUS). Несмотря на то, что внедрение технологий УХУ относится к наиболее капиталоемким мерам по снижению выбросов, они рассматриваются как неотъемлемый элемент всех сценариев глубокой декарбонизации промышленности и энергетики.

Растущий научный и практический интерес к УХУ подчёркивает необходимость анализа организационных возможностей и экономической целесооб-

разности таких технологий, особенно в контексте повышения ресурсоэффективности и низкоуглеродного стратегического развития российской промышленности, что и определяет актуальность исследования Череповицкой Алины Александровны.

Характеристика структуры и содержания диссертации

Диссертационная работа объёмом 318 страниц включает введение, пять глав, заключение и список литературы из 262 источников. Текст содержит 23 таблицы и 31 рисунок. Во введении, в соответствии с принятыми традиционными подходами, обоснована актуальность темы, проанализирована степень её научной разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, определены его объект и предмет. Представлены методологическая и информационная базы диссертационной работы, а также перечислены результаты, обладающие научной новизной и полученные лично соискателем. Отражены данные об апробации теоретических и практических выводов, а также выработанных рекомендаций.

Первая глава «Теория и практика низкоуглеродного развития и декарбонизации промышленных систем» посвящена обобщению теоретических подходов к устойчивому и низкоуглеродному развитию, уточнению понятия «декарбонизация промышленных систем» и разработке терминологической систематики в этой области. В главе рассмотрены ключевые направления снижения выбросов углекислого газа (CO_2) в промышленности, представлены концептуальные основы трансформации промышленных компаний к низкоуглеродной модели, а также обобщены стратегические подходы российских нефтегазовых компаний к выполнению климатических обязательств.

Во второй главе «Сущность, проблемы и перспективы развития технологий улавливания и хранения углекислого газа» предложена систематизация инструментов декарбонизации для промышленных предприятий (на примере нефтегазового сектора) с акцентом на роль технологий УХУ. Приведена характеристика технологических цепочек УХУ, проанализирован мировой опыт их

внедрения и обоснована значимость этих технологий для достижения углеродной нейтральности. Также представлен обзор международных механизмов государственного регулирования УХУ и отмечены первые шаги в этом направлении в России.

Третья глава «Методологические основы формирования технологических цепочек УХУ» содержит технико-экономическое обобщение теоретических и практических знаний по УХУ. В ней проведён анализ существующих подходов к оценке затрат, выявлены и обоснованы ключевые факторы, влияющие на их формирование, а также определены основные модели и базовые организационные элементы реализации различных форм УХУ.

Четвёртая глава «Конструкции УХУ и концептуальное видение реализации технологических цепочек в России» посвящена идентификации типовых конструкций технологических цепочек УХУ, формулированию направлений необходимых преобразований и оценке их применимости в российских условиях. Выявлены стратегические компоненты и предпосылки, необходимые для создания и эффективного функционирования технологических цепочек улавливания и хранения углерода в России.

Пятая глава «Экономическое обоснование внедрения УХУ в промышленности и рекомендации по реализации проектов в России» включает результаты расчётов затрат на внедрение УХУ на угольной ТЭЦ, а также экономическое обоснование межотраслевой цепочки с улавливанием CO_2 от нескольких источников и его использованием в технологии CO_2 -EOR на нефтегазовом месторождении. Разработаны предложения по обеспечению экономической жизнеспособности проектов УХУ, проведена их апробация, а также сформулирован комплекс рекомендаций по развитию государственного регулирования и внедрению УХУ на промышленных и энергетических объектах России с учётом их совокупной ценности.

В заключении по диссертации приводятся обобщающие выводы, рекомендации, намечаются возможные направления дальнейших разработок в рассмотренной предметной области.

Степень обоснованности положений, выносимых на защиту, научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Обоснованность и достоверность научных результатов, полученных соискателем, подтверждаются корректной формулировкой цели и задач исследования, логичной структурой изложения, а также использованием методологически адекватных и релевантных методов научного анализа.

Соискатель проделал значительную и тщательную исследовательскую работу как на этапе ретроспективного анализа существующих знаний, так и в процессе их развития и приращения. В ходе исследования был проведён комплексный обзор и критический анализ более 250 актуальных академических и информационно-аналитических источников, включая широкий массив зарубежной научной литературы. Особое внимание уделено качеству отбора и интерпретации материалов, при этом выполнен экспертный анализ ключевых концепций устойчивого и низкоуглеродного развития, обобщены теоретические и практические наработки в области технологий улавливания, хранения и использования углерода; также детально рассмотрен международный и отраслевой опыт реализации соответствующих проектов. Такой подход обеспечивает высокий уровень научной обоснованности выводов и рекомендаций, предложенных в работе.

В диссертации использованы актуальные нормативные правовые акты, аналитические данные международных и российских организаций, научные публикации, экспертные материалы ведущих российских учёных, а также официальные документы зарубежных стран по развитию УХУ.

Результаты диссертационного исследования были неоднократно представлены на международных научно-практических мероприятиях, получили внедрение на промышленных предприятиях, используются в учебном процессе и апробированы в рамках выполнения научно-исследовательских работ. Основные выводы опубликованы в высокорейтинговых российских и зарубежных журналах и получили широкое цитирование.

Вышеизложенное подтверждает обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций диссертации.

Научная новизна полученных научных результатов

Диссертационное исследование охватывает как общие концептуальные и методологические аспекты в части развития и планирования декарбонизации промышленного сектора, так и конкретные вопросы по обоснованию возможностей применения технологий улавливания, использования и хранения углекислого газа и совершенствованию методических подходов к оценке экономической целесообразности внедрения указанной технологии.

К наиболее ценным, с позиций научного знания, и обладающим научной новизной результатам можно отнести следующие:

1. Модернизировано понятие декарбонизации, как по его сущности, так и по мерам реализации, а также уточнена сущность и предложена иерархическая структура терминов: «направление», «группы опций», «опции» и «технологии» декарбонизации в контексте планирования мероприятий по снижению выбросов парниковых газов на уровне промышленной системы.

2. Разработаны концептуальные основы низкоуглеродной трансформации нефтегазовых компаний как стратегического ответа на вызовы глобальной климатической повестки и результата целенаправленной деятельности по снижению выбросов ПГ, включая выявление и систематизацию типов корпоративных стратегий и подходов к формированию климатических целей. Впервые обосновано, что достижение целей декарбонизации требует не только технологических решений, но и стратегической диверсификации по направлениям декарбонизации, источникам энергии и структуре выпускаемой продукции, что позволяет компаниям повысить устойчивость и долгосрочную конкурентоспособность в условиях перехода к низкоуглеродной экономике.

3. Выполнено обобщение доступных опций декарбонизации предприятий нефтегазового комплекса в контексте стратегического планирования мероприятий по снижению выбросов парниковых газов. Предлагаемая система охваты-

вает четыре ключевых направления: совершенствование операционной деятельности, переход на низкоуглеродные источники энергии, управление попутными компонентами и отходами производства, а также организационно-экономические меры на корпоративном уровне. В рамках данного обобщения уточнена роль опций, связанных с улавливанием, использованием и хранением углерода, как инструмента снижения выбросов нефтегазовых компаний, а также определены возможности их участия в формировании и развитии технологических цепочек УХУ.

4. Предложено комплексное технико-экономическое обобщение мировых теоретических знаний и практического опыта в области улавливания и хранения углерода, структурированное на основе трёх взаимосвязанных групп признаков: базовых (ресурсно-сырьевые и географические), технологических (особенности процессов улавливания, транспортировки и хранения) и организационно-экономических (модели финансирования, институциональная регуляторная среда, рыночные механизмы). На этой основе выявлен перечень ключевых факторов, определяющих формирование затрат на каждом этапе технологической цепочки УХУ, а также уточнены условия, необходимые для обеспечения экономической эффективности таких проектов, включая пороговые значения стоимости улавливания, требования к инфраструктуре и роль государственной поддержки.

5. Обоснована целесообразность выделения технологических цепочек улавливания и хранения углерода в качестве самостоятельного объекта управления межотраслевого характера. Определены теоретические и практические основы их формирования и функционирования в отраслях адаптерах УХУ-технологий. Впервые введено понятие «конструкции УХУ», под которым понимается устойчивая организационно-технологическая конфигурация, объединяющая участников цепочки, инфраструктурные элементы и институциональные условия. На этой основе обоснованы ключевые направления трансформации таких конструкций, обусловленные развитием новых технологий, эволюцией бизнес-моделей и изменением институциональной среды.

6. Доказано, что промышленный сектор и экономика России в целом обладают рядом благоприятных предпосылок для развития УХУ: значительными объёмами выбросов ПГ; крупными потенциальными геологическими хранилищами CO₂; доминированием ископаемого топлива; отчасти устаревшей, но мощной энергетической и промышленной базой; а также развитой нефтегазовой отраслью. Это создаёт условия для снижения выбросов без радикальной модернизации производств и формирует потенциально высокую заинтересованность бизнеса и государства в УХУ. На начальном этапе при наличии соответствующей институциональной поддержки целесообразно улавливать углекислый газ на традиционных энергетических и нефтегазовых объектах с последующим использованием для увеличения нефтеотдачи и долгосрочным подземным хранением. Долгосрочное развитие УХУ в России определяется четырьмя ключевыми компонентами: стоимостью улавливания, транспортной инфраструктурой, инфраструктурой хранения и государственным регулированием.

7. Установлено, что для запуска пилотных проектов улавливания и хранения углерода (УХУ) в России необходима поэтапная реализация как общих обязательных регулирующих мер — в частности, введение налога на выбросы парниковых газов, — так и специализированных стимулирующих инструментов направленного действия, таких как «контракты на разницу» или налоговые льготы по аналогии с американским механизмом «45Q». В диссертационной работе доказано, что экономическую жизнеспособность УХУ-проектам способны обеспечить именно специфические меры, снижающие издержки и поддерживающие доходы участников, однако их внедрение потребует значительных бюджетных затрат.

Несмотря на высокое качество диссертационного исследования, представляется целесообразным выделить *замечания и дискуссионные положения*, представленные ниже. Так как основные научные положения, вынесенные на защиту, представлены не только в текстовом, но и в графическом формате, вопросы поставлены прежде всего к рисункам, отражающим в сжатом визуализированном виде основные результаты. В частности:

1. На рисунке 1.6 (стр. 69) «Ключевые глобальные вызовы и варианты реагирования промышленных компаний» не объяснена логика перехода от четырёх столбцов к нижнему блоку мер. Стрелка, указывающая на «вызовы, требующие реагирования», подразумевает причинно-следственную связь, однако, не показано, как именно каждый из четырёх блоков порождает перечисленные ниже реакции. Например, «Цифровизация процессов» – это скорее следствие технологического развития, чем реакция на него. При этом «Учёт интересов стейкхолдеров» – это, скорее, объективная необходимость в условиях трендов постепенно формирующейся «экономики стейкхолдеров» на глобальных и региональных рынках.

2. На стр. 112 диссертации представлена таблица 2.3 «Характеристика различных типов технологических цепочек УХУ», где одним из критериев оценки технологических цепочек является критерий «ключевые участники». При этом выделяются следующие стейкхолдеры: «государство», «бизнес», «общество». Следует пояснить очередность представления ключевых стейкхолдеров, так как где-то на первую позицию помещено государство, а где-то – бизнес. В рамках технологической цепочки «Улавливание и использование углерода (CCU)» отсутствует такой стейкхолдер, как «общество»; неясно – почему.

3. Рисунок 2.5 (стр. 124) представляет собой схему, визуализирующую влияние семи ключевых факторов на управление технологическими цепочками УХУ. Несмотря на логичную структуру и наглядность, схема имеет недостатки, например, отсутствует иерархия и дифференциация значимости факторов. Все семь факторов представлены как равнозначные, хотя в реальности их влияние на управление технологическими цепочками УХУ может различаться по степени важности, масштабу и временному горизонту. Например, «инфраструктурная обеспеченность» и «государственное регулирование» (которое, кстати, не отражено) могут быть системообразующими, а «методы и особенности утилизации CO₂» – носить подчиненный, технологический характер.

4. В главе 3 на рисунке 3.6 (стр. 178) представлена схема, разделяющая технологическую цепочку УХУ на три ключевых этапа – «улавливание»,

«транспортировка», «хранение», и для каждого этапа представлены факторы, влияющие на затраты, а также возможности их снижения. Структура наглядна, однако, на наш взгляд, схему (которая идентифицируется как «система») можно было дополнить атрибутами «системы» как таковой, то есть показать целостное представление о затратах такой сложной технологической цепочки с установлением связей влияния между представленными факторами друг на друга в рамках этапов технологической цепочки УХУ, а также разделением факторов влияния на капитальные и эксплуатационные затраты.

5. Рисунок 4.1 (стр. 214) «Стратегические факторы, определяющие развитие УХУ в России», возможно, требует определённой доработки. Представленная схема не учитывает потенциал рыночных механизмов глобально-регионального уровня (глобальный спрос на низкоуглеродную продукцию); технологический потенциал и инновационную активность; институционально-управленческие барьеры (например, отсутствие практики совместного управления межотраслевыми цепочками, низкая готовность бизнеса к управлению долгосрочными инвестициями); геополитический контекст (санкционные ограничения, импортозависимость).

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М. В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности **5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика природопользования и землеустройства)** (по экономическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Череповицына Алина Александровна заслуживает присуждения учёной степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика природопользования и землеустройства).

Официальный оппонент:

доктор экономических наук, профессор
профессор кафедры общей экономической теории и истории экономической мысли факультета экономики и финансов,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

 Плотников Владимир Александрович

11.11.2022

ОВ

ВА

Контактные данные:

тел. +7 (812) 310-47-60, e-mail: Plotnikov.v@unecon.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
08.00.01 – Экономическая теория (экономические науки)

Адрес места работы:

191023, г. Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»
тел. +7 (812) 310-47-60, e-mail: Plotnikov.v@unecon.ru