

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГЭУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «СПбГЭУ»,
д.э.н., профессор



Е.А. ГОРБАШКО

« 06 » апреля 2026 г.
М.П.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Цветкова Павла Сергеевича** на тему: «**Углеродная экономика замкнутого цикла как инструмент устойчивого развития промышленности**», представленную на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. «Региональная и отраслевая экономика» (экономика промышленности).

На отзыв представлена диссертация, содержащая 402 страницы машинописного текста, 105 рисунков, 59 таблиц, список литературы из 469 наименований и 18 приложений на 44 страницах, а также автореферат, изложенный на 47 страницах машинописного текста, в составе которого 10 рисунков и 10 таблиц.

1. Актуальность темы диссертации

Современные исследования в области управления промышленными выбросами CO₂ развиваются в двух относительно автономных направлениях. Первое – инженерно-техническое, накопило значительный объем данных о параметрах улавливания, транспортировки и хранения углерода (CCUS), однако слабо ориентировано на экономическую интерпретацию этих процессов как системообразующих для промышленности. Второе направление, связанное с макроэкономическими и политическими исследованиями климатической повестки, оперирует агрегированными показателями (углеродоемкость ВВП, подушевые выбросы, цена углерода), но не дает ответа на вопрос о том, как именно техногенный CO₂ может быть встроен в производственные цепочки на уровне отраслей и предприятий. Диссертация Цветкова П.С. позволяет

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-67 от 17.04.26
АУ УС

преодолеть этот дисциплинарный разрыв за счет авторской постановки концепции углеродной экономики замкнутого цикла (УЭЗЦ), соединяющей инженерную специфику технологий CCUS с инструментарием отраслевой экономики.

Дополнительным фактором, придающим теме актуальность, выступает то, что многократное увеличение установленных мощностей возобновляемой энергетики не привело к перелому тренда. Совокупные выбросы CO₂ продолжают расти, а наиболее углеродоемкие отрасли, такие как металлургия, цементная промышленность, химический комплекс и т.п. остаются зоной, где готовые низкоуглеродные решения либо отсутствуют, либо экономически несостоятельны. В этих условиях фокус на технологиях CCUS, которые позволяют не замещать, а трансформировать существующие производства, становится необходимым дополнением к уже апробированным направлениям декарбонизации.

Для российской промышленности, где доля углеродоемких производств в структуре экономики значительна, проблема имеет не только технологическое, но и институциональное значение. Экспортная ориентированность ключевых отраслей делает их уязвимыми перед планируемыми механизмами трансграничного углеродного регулирования, а высокая степень износа основных фондов ограничивает возможности для быстрой замены технологической базы. Развитие предлагаемой автором методологии УЭЗЦ позволяет в этих условиях предложить инструментальный подход к управлению выбросами, опирающийся на существующую производственную инфраструктуру.

Таким образом, актуальность диссертации определяется не только общей значимостью климатической проблематики, но также отсутствием концептуального и методологического аппарата, позволяющего рассматривать техногенный CO₂ как элемент замкнутых промышленных циклов, оценивать экономические эффекты таких технологических решений и формировать на этой основе стратегии развития отраслей. Предлагаемые в данной диссертации решения представляют собой системный ответ на этот вызов, что определяет своевременность и востребованность проведенного исследования.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Разработаны теоретико-методологические положения концепции углеродной экономики замкнутого цикла, направленной на переход к моделям организации промышленной деятельности с низким уровнем выбросов техногенного CO₂, реализованным на базе существующей инфраструктуры.

2. Предложен концептуальный подход к анализу эффектов от выбросов CO₂ с точки зрения возможности формирования ими положительных экстерналий, при условии реализации процессов улавливания углекислого газа и его использования в производственных процессах.

3. Выявлены и систематизированы проблемы сокращения выбросов парниковых газов в ряде углеродоемких отраслей промышленности, а также барьеры масштабирования ключевых технологий, составляющих основу текущих стратегий низкоуглеродного развития.

4. Разработаны эконометрические модели, позволившие выявить зависимости между динамикой промышленных выбросов парниковых газов и показателями экономического развития стран.

5. Предложены рекомендации по совершенствованию существующих механизмов регулирования выбросов парниковых газов, а также обоснована необходимость изменения принципов обращения с выбросами CO₂ и перехода от цели их повсеместного сокращения к цели рационального использования.

6. Предложена и обоснована авторская трактовка термина «углеродный метаболизм», сформулированы концептуальные положения использования метаболического подхода при переходе от механизмов регулирования к механизмам управления выбросами CO₂.

7. Разработаны алгоритм и методика оценки влияния эффектов масштаба и концентрации CO₂ в газообразных выбросах промышленных предприятий на экономические показатели кластеров улавливания и транспортировки углекислого газа.

8. Выявлены условия, перспективы развития и проблемы формирования отрасли секвестрации углекислого газа, объединяющей углеродоемкие промышленные предприятия, а также предполагающей формирование межотраслевых цепочек формирования ценности на основе вовлечения CO₂ в промышленное производство.

9. Установлены преимущества использования метода анализа жизненного цикла низкоуглеродной продукции для изучения эффектов, создаваемых проектами секвестрации CO₂, по сравнению с текущей практикой расчета эколого-экономических характеристик отдельно взятых процессов улавливания, транспортировки и/или утилизации.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации

Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертации, обеспечивается использованием современных инструментов статистического анализа, методов оценки экономической эффективности проектов с применением сценарного подхода и логистических моделей, а также алгоритмов пространственной оптимизации. Достоверность выводов подтверждается верификацией полученных результатов путем их сравнения с результатами тематически близких работ, изучением и анализом представительного объема научной литературы, отраслевых отчетов и аналитических обзоров международных организаций, а также прочих открытых источников статистических и аналитических данных. Эмпирическая база исследования охватывает данные более 100 стран, всех субъектов Российской Федерации, более 500 предприятий цементной, металлургической и энергетической отраслей, что позволяет распространять полученные результаты на различные уровни экономического анализа, от глобального до уровня отдельных предприятий.

В работе выдержана внутренняя логика исследования, выстроенная от анализа глобальных трендов и отраслевой структуры выбросов через изучение регуляторных механизмов к разработке моделей кластерной организации улавливания CO₂ и многокритериальной оценки продуктов его переработки.

Такая методологическая последовательность, наряду с апробацией разработанных моделей на реальных данных российской промышленности, обеспечивает высокую степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации.

4. Научные результаты, их ценность

Автором предложена концептуальная и методологическая основа, позволяющая переосмыслить место углеродоемких производств в стратегиях устойчивого развития. В отличие от доминирующей позиции, ориентированной на замещение традиционных технологий возобновляемыми источниками энергии, УЭЗЦ предлагает путь трансформации существующей промышленной инфраструктуры за счет включения техногенного CO₂ в замкнутые производственные циклы. Такая постановка проблемы смещает фокус с вопроса сокращения выбросов на вопрос их использования, что имеет принципиальное значение для стран с высокой долей углеродоемкой промышленности, включая Россию.

Значимым фактором, упомянутом выше, является то, что в работе прослеживается системность при рассмотрении широкого перечня вопросов, начиная со структуры выбросов и регуляторных механизмов до конкретных технологических цепочек и рынков продуктов переработки углерода. Это позволило автору не только предложить комплексные модели и алгоритмы, учитывающие технологические, экономические и институциональные факторы, но и довести их до уровня разработок, применимых в практической деятельности крупных организаций.

Обобщая, можно заключить, что научная ценность диссертации заключается в разработке системных решений, позволяющих по-новому взглянуть на проблему декарбонизации промышленности и предложить реальные пути ее решения в условиях, когда традиционные подходы демонстрируют свою ограниченность.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 30 печатных работах, в том числе в 7 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 21 статье – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получены 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в переопределении статуса техногенного CO₂ в экономических системах. В отличие от традиционного подхода, рассматривающего выбросы парниковых газов исключительно как негативную экстерналию, автор обосновывает возможность их интерпретации как ресурса, вовлекаемого в производственные циклы. Это можно обозначить, как концептуальный сдвиг, имеющий обширные последствия, например, в части перехода от преимущественно запретительно-налоговой к стимулирующе-

инвестиционной климатической политике. Указанный сдвиг также расширяет предметное поле отраслевой экономики и экономики природопользования, включая в них анализ и оценку циклических моделей обращения углерода.

Практическая значимость диссертации раскрывается через систему адресных результатов, ориентированных различным группам стейкхолдеров. Для органов государственной власти предложена концепция УЭЗЦ, способствующая диверсификации решений, предпринимаемых в рамках национальной климатической политики. Промышленным компаниям результаты исследования дают возможность количественно оценить эффекты от участия в совместных проектах улавливания и утилизации углерода, снижая инвестиционные риски за счет предварительного моделирования совместной инфраструктуры кластеров.

Полученные автором результаты исследования используются рядом компаний и признаны существенными для развития топливно-энергетического комплекса и решения актуальных задач повышения эколого-экономической эффективности функционирования объектов промышленной инфраструктуры страны, в частности сокращения выбросов техногенного CO₂, что подтверждается протоколом (от 23.12.2025 г. № ПС-311пр) совещания Министерства энергетики Российской Федерации (Приложение Ф диссертации).

Отдельно стоит выделить вклад автора в развитие междисциплинарных исследований. Предложенная категория «углеродный метаболизм» выступает связующим звеном между естественнонаучным пониманием углеродного цикла и экономическими подходами к его регулированию, а также управлению им, создавая методологическую основу для совместной работы специалистов различных отраслей науки. Такой междисциплинарный синтез имеет значение для развития всего направления экономики устойчивого развития промышленности.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Практическая ценность диссертации определяется возможностью встраивания полученных результатов в действующие механизмы управления промышленностью и климатической политикой. В сфере нормативного регулирования результаты целесообразно использовать для корректировки таксономии «зеленых» и «переходных» активов. В области инфраструктурного планирования разработанные методы, модели и алгоритмы могут стать основой для формирования территориальных схем размещения инфраструктуры улавливания и транспортировки CO₂ в рамках федеральных и региональных программ. На уровне корпоративного управления результаты, представленные в диссертации, могут быть применены при разработке стратегий декарбонизации, в том числе при подготовке нефинансовой отчетности в соответствии с международными стандартами. Инструментарий технико-экономического анализа кластеров улавливания и транспортировки CO₂, а также методика многокритериального продуктов переработки углекислого газа могут использоваться при оценке целесообразности участия компаний в проектах подобного рода.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В диссертации вводится категория «углеродный метаболизм», которая, по замыслу автора, призвана описывать совокупность биогеохимических процессов обмена и преобразования потоков углерода в природных и антропогенных системах. Вместе с тем основное внимание в работе уделено техногенному CO₂ и его преобразованию в продукты переработки. Не вполне ясно, в какой мере природные поглотители, такие как леса, почвы, водно-болотные угодья и океанические экосистемы, а также геологические формации, выступающие в качестве хранилищ, являются элементами предлагаемой концепции. Являются ли они равноправными звеньями углеродного метаболизма, поддающимися управлению, или же рассматриваются как внешний фактор, задающий границы антропогенной активности?

2. Разработанная в диссертации модель кластерной оптимизации демонстрирует существенный потенциал снижения затрат для географических областей с высокой концентрацией промышленных источников выбросов. Вместе с тем, согласно представленным результатам, за рамками кластеров остается значительная доля эмитентов. Как автор видит их включение в предлагаемую отрасль секвестрации углекислого газа? Предполагается ли для таких объектов иная стратегия (децентрализованное улавливание с последующей транспортировкой к магистральной инфраструктуре, использование мобильных установок, либо полный отказ от внедрения технологий улавливания)?

3. В разделе 3.3 диссертации автор анализирует Сахалинский эксперимент, отмечая его значение как первого национального пилотного проекта углеродного регулирования. Вместе с тем, хотелось бы уточнить: каким образом концепция УЭЗЦ соотносится с практикой, апробированной на Сахалине? Может ли она служить методологической основой для масштабирования эксперимента на другие регионы или для углубления его содержательной части?

4. В методике многокритериальной оценки продуктов переработки CO₂ автором использованы сценарии «Национальные интересы» и «Международная кооперация». Насколько реалистичен сценарий международной кооперации в текущих геополитических условиях? Могут ли быть сформулированы альтернативные «международные» сценарии?

5. В разделе 5.3 диссертации представлена методика многокритериальной оценки продуктов переработки CO₂. На схеме алгоритма (рисунок 102) этап комбинированного взвешивания критериев включает, помимо объективных методов, «дополнительные процедуры». Из текста не вполне понятно, что именно подразумевается под этими процедурами. Являются ли они резервным вариантом на случай недоступности данных для объективных методов? Или речь идет о возможности включения экспертных корректировок?

6. В заключении диссертации автор указывает на необходимость подготовки кадров в области технологий CCUS и управления углеродными потоками. Какие компетенции, по мнению автора, должны быть сформированы в первую очередь? С каких шагов целесообразно начинать эту работу? Существуют ли в российской системе образования видимые предпосылки для реализации таких программ?

Изложенные замечания и вопросы не снижают значимости полученных Цветковым П.С. научных и практических результатов.

7. Заключение по диссертации

Диссертационная работа **Цветкова Павла Сергеевича** на тему «Углеродная экономика замкнутого цикла как инструмент устойчивого развития промышленности», представленная на соискание ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности), полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Цветков Павел Сергеевич** заслуживает присуждения ученой степени доктора экономических наук по специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности).

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Цветкова П.С. обсужден и утвержден на заседании кафедры менеджмента и инноваций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», протокол № 12 от 06.04. 2026 года.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой менеджмента и инноваций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», д.э.н., профессор

Бездудная Анна Герольдовна

Секретарь заседания

ассистент кафедры менеджмента и инноваций федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»

Дымова Ольга Олеговна

Подпись Бездудной А.Г. и Дымовой О.О. заверяю
М.П.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет». Адрес: 191023, Российская Федерация, город Санкт-Петербург, наб. канала Грибоедова, д. 30-32, литер А.
Официальный сайт в сети Интернет: <https://unecon.ru/>
Эл. почта: rector@unecon.ru, телефон: +7 (812) 458-97-27

