

Национальные стратегии декарбонизации: опыт Малайзии

Джуниати Гунаван

Старший преподаватель, juniatigunawan@trisakti.ac.id

Университет Трисакту (Trisaktu University), Индонезия, Kampus A, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat 11440, Indonesia

Джон Си-Джи Ли

Доцент, johncg.lee@insead.edu

Китайский народный университет (Renmin University), Китай, 59 Zhongguancun St, Haidian District, Beijing 100872, China

Агхния Надхира Алиа Путри

Специалист по проектным коммуникациям, aghnia_nadhira@sbm-itb.ac.id

Бандунгский технологический институт (Institut Teknologi Bandung), Индонезия, Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia

Се Тин

Преподаватель, se.tin@eco.maranatha.edu

Христианский университет Маранафа (Maranatha Christian University), Индонезия, Jl. Surya Sumantri No.65, Sukawarna, Kec. Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40164, Indonesia

Аннотация

Декарбонизация экономики занимает центральное место в стратегиях по достижению целей устойчивого развития большинства стран мира. Изучение опыта некоторых из них дает ценный материал для оценки эффективности прилагаемых усилий, выявления наиболее перспективных подходов и отдельных решений, применимых к иным национальным контекстам. В исследовании рассматриваются методы декарбонизации малайзийских компаний в рамках государственного курса на достижение углеродной нейтральности. Качественное исследование включало в себя две фокус-групповые дискуссии (ФГД) с участием 18 человек, опыт и знания которых легли в основу составленных вопросов. Полученные данные были обобщены при помощи тематического анализа.

Исследование проливает свет на ключевые методы декарбонизации малайзийских компаний с акцентом на соблюдении экологических требований (комплаенсе) и сокращении затрат. На долю проектов по декарбонизации приходится лишь небольшая часть всех капиталовложений национального бизнеса, а его менеджмент не уделяет этим вопросам достаточного внимания. Смена парадигмы станет важным шагом к выполнению обязательства Малайзии стать углеродно-нейтральной страной к 2050 г. Исследование дополняет существующую литературу выводами о методах декарбонизации в компаниях страны. В нем также подчеркивается роль государства в рассматриваемых процессах и необходимость поддержки корпоративных усилий для успешной декарбонизации.

Ключевые слова: декарбонизация; корпоративная ответственность; конкурентное преимущество; углеродное ценообразование; наращивание потенциала; Малайзия

Цитирование: Gunawan J., Lee J.C.G., Putri A.N.A., Tin S. (2023) Decarbonisation: A Case Study of Malaysia. *Foresight and STI Governance*, 17(4), pp. 32–44. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.4.32.44

Decarbonisation: A Case Study of Malaysia

Juniati Gunawan

Senior Lecturer, juniatigunawan@trisakti.ac.id

Trisaktu University, Kampus A, Jl. Kyai Tapa No.1, Grogol, Jakarta Barat 11440, Indonesia

John CG Lee

Adjunct Professor, johncg.lee@insead.edu

Renmin University, 59 Zhongguancun St, Haidian District, Beijing 100872, China

Aghnia Nadhira Aliya Putri

Project Communication Specialist, aghnia_nadhira@sbm-itb.ac.id

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No.10, Lb. Siliwangi, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40132, Indonesia

Se Tin

Lecturer, se.tin@eco.maranatha.edu

Maranatha Christian University, Jl. Surya Sumantri No.65, Sukawarna, Kec. Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat 40164, Indonesia

Abstract

The study aims to assess the decarbonization efforts of corporations in Malaysia in relation to the country's national net-zero emission targets. A qualitative approach was adopted, employing two focus group discussions (FGDs) with a total of 18 participants. The FGD questions were developed based on the participants' expertise and experiences. Thematic analysis was utilized to analyze the collected data. This study sheds light on key decarbonization practices in Malaysian companies, which place greater emphasis on environmental regulatory compliance and cost-saving measures. However, investment in decarbonization remains a small part of overall capital investment and receives little attention from

corporate leadership. The importance of addressing the concerns raised by this study is key to realizing Malaysia's Determined National Commitment (NDC) to achieve net zero emissions by 2050. This study contributes to the existing literature by providing insights into the decarbonization efforts of corporations in Malaysia, specifically in the context of the country's national net-zero emission targets. The research utilizes a qualitative approach and applies thematic analysis to explore the perceptions and motivations driving decarbonization initiatives. The study also highlights the role of government pressures and the need to address critical business concerns for successful decarbonization.

Keywords: decarbonisation; corporate sustainability; competitive advantage; carbon pricing; capacity-building; Malaysia

Citation: Gunawan J., Lee J.C.G., Putri A.N.A., Tin S. (2023) Decarbonisation: A Case Study of Malaysia. *Foresight and STI Governance*, 17(4), pp. 32–44. DOI: 10.17323/2500-2597.2023.4.32.44

Чтобы добиться сокращения уровня глобального потепления значительно ниже 2°C, необходимократно увеличить усилия по декарбонизации экономики и свести практически к нулю антропогенные выбросы парникового газа (ПГ) к середине столетия. Ключевую роль в этом процессе играют оценка капиталовложений и внутреннее углеродное ценообразование (ВУЦ), т. е. механизм, отражающий внешние затраты от выбросов ПГ, которые несет население (Green, 2021; Khan, Johansson, 2022). ВУЦ дает компаниям денежный эквивалент каждой тонны выбросов CO₂ даже в отсутствие соответствующего национального регулирования (Ma, Kuo, 2021; Zhu et al., 2022). Когда компания назначает свою цену на углерод, ей легче проводить оценку капиталовложений, управлять рисками и разрабатывать стратегию (Mercer et al., 2020). ВУЦ помогает организациям переориентироваться на низкоуглеродные проекты и принимать инвестиционные решения, напрямую воздействующие на выбросы, энергоэффективность и баланс (Russo et al., 2021).

Согласно исследованию, проводимому в рамках проекта по выбросам ПГ (Carbon Disclosure Project)¹, механизм ВУЦ распространяется все шире: наблюдается 80%-ный рост числа компаний, применяющих или планирующих его применять в течение пяти лет. Это способствует ускорению темпов декарбонизации, затрагивающей все этапы создания стоимости, и переходу к низкоуглеродной экономике (Byrd et al., 2020). ВУЦ позволяет компаниям находить инвестиционно привлекательные экологические проекты и демонстрирует перспективность низкоуглеродной экономики (Carroll et al., 2019).

Малайзия, будучи одной из крупнейших стран Юго-Восточной Азии, подписала Парижское соглашение по климату, обязавшись сократить выбросы углерода на 45% к 2030 г. и достичь углеродной нейтральности — к 2050 г. (Reyseliani et al., 2022). Однако фактические темпы сокращения после подписания отставали от запланированных (UNDP, 2016). Такие процессы, как рост населения, индустриализация и сильная зависимость от горючих энергоносителей для генерации электроэнергии, выступают проэмиссионными факторами (Abbasi et al., 2022). Чтобы достичь взятых на себя климатических обязательств, страна должна переориентировать экономику на более чистые источники энергии, повысить энергоэффективность, совершить переход на экологичные виды транспорта и сократить вырубку лесов (UNDP, 2021).

В 2019 г. Международное энергетическое агентство (МЭА) опубликовало отчет, согласно которому выбросы CO₂ в Малайзии выросли на 3.2%, достигнув уровня в 248.7 млн т. В 2020 г. на фоне пандемии COVID-19 эмиссия значительно сократилась — на 9.3%, составив приблизительно 225.7 млн т (IEA, 2021). По предварительным данным МЭА, в 2021 г. выбросы вновь выросли на 4.5%, до 235.8 млн т.²

Выбор Малайзии в качестве основного объекта исследования обусловлен несколькими причинами. Во-первых, страна уникальна тем, что позволяет изучить как издержки, так и преимущества декарбонизации. Анализ корпоративных мер дает ценную информацию о том, что мотивирует компании согласовывать свою политику с национальными климатическими целями. В исследовании предпринята попытка не только понять трудности и движущие силы декарбонизации в Малайзии, но и предложить эффективные стратегии для быстрого перехода к низкоуглеродной экономике. На национальном материале продемонстрирована важность учета вызовов каждой отдельной страны для разработки соответствующих стратегий. Региональные программы и директивы способствуют устойчивому прогрессу и смягчению последствий климатических изменений.

Траектория развития Малайзии как страны с формирующейся экономикой и бурно растущей промышленностью служит хрестоматийным примером балансирования между экономической экспансией и сокращением выбросов CO₂ — вызов, стоящий перед всеми развивающимися экономиками. Будучи вторым по величине производителем нефти и природного газа и пятым — по объему экспорта сжиженного природного газа (СПГ) в Юго-Восточной Азии в 2019 г., Малайзия занимает стратегическое положение на пересечении торговых путей. Тем не менее данные Управления энергетической информации США (Energy Information Administration, EIA) подтверждают серьезную зависимость страны от горючих ископаемых, что делает ее переход к более «зеленой», низкоуглеродной модели энергопотребления продуктивным для исследования.

Другой аспект, делающий Малайзию интересным объектом для изучения, — биоразнообразие и протяженная береговая линия, находящиеся под угрозой из-за климатических изменений, в особенности повышения уровня Мирового океана. Анализ политики декарбонизации Малайзии позволит другим странам сформировать или скорректировать собственные стратегии борьбы с вызовами, связанными с изменением климата. Разработка национальной системы защиты окружающей среды, например, Закона о биотопливной промышленности 2007 г., учреждение Управления по проблемам устойчивого развития энергетики, внедрение Общего плана по зеленым технологиям в 2017–2030 гг. служат материалом для оценки эффективности государственного регулирования. Этот опыт может оказаться критически важным для многих стран по всему миру. Присоединившись к Парижскому соглашению, Малайзия выступила с амбициозным планом сократить интенсивность выбросов на 45% к 2030 г. по сравнению с уровнем 2005 г.; 1/10 сокращения будет реализована за счет международной помощи. Методы декарбонизации Малайзии обеспечат заинтересованным сторонам — от органов власти до научных работников — глубокое понимание тонкого баланса между переходом к низкоу-

¹ https://www.rbc.com/community-sustainability/_assets-custom/pdf/84280_BRO_2013CarbonDisclosure_E.pdf, дата обращения 14.10.2023.

² <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>, дата обращения 14.10.2023.

глеродной экономике и достижением устойчивого экономического процветания.

Несмотря на рост числа научных публикаций по вопросам декарбонизации, применительно к Малайзии в этой теме остаются пробелы, требующие изучения. Во-первых, отсутствуют комплексные исследования, охватывающие разные сектора и отрасли национальной экономики. Во-вторых, необходим глубинный анализ стратегий, который сможет превратить декарбонизацию из стандартного набора требований (комплаенса) в конкурентное преимущество компаний. Такой анализ должен охватывать несколько факторов, в частности: критерии оценки инвестиционных проектов; долю инвестиций в инициативы по декарбонизации; позицию компании по декарбонизации; обязательства по раскрытию информации о выбросах; внутренние цены на углероды; влияние целей устойчивого развития ООН и Парижского соглашения на операционную деятельность и планирование. Устранение этих лакун обеспечит законотворцев, исполнителей и заинтересованные стороны необходимой информацией для принятия решений и разработки эффективных стратегий по ускорению декарбонизации в Малайзии. Распространение устойчивых и низкоуглеродных методов в стране внесет вклад в глобальные меры по борьбе с изменением климата.

Обзор литературы

Декарбонизация и корпоративная ответственность

Если меры декарбонизации направлены на сокращение выбросов CO₂ и снижение зависимости от горючих полезных ископаемых, то корпоративная ответственность подразумевает ответственные методы ведения бизнеса, включая социальные, экономические и экологические его измерения. Эти два понятия находятся в тесной взаимосвязи и способствуют достижению целей устойчивого развития. Представленные в литературе данные подтверждают важность устойчивых технологий, инноваций, а также преобразования стоимостной цепочки в интересах декарбонизации на местном и международном уровне (Balaras, 2022; Peng et al., 2022; Zamri et al., 2022).

Исследования показывают, что корпоративная ответственность и всестороннее экономическое развитие выступают важнейшими предпосылками декарбонизации (Romasheva, Cherepovitsyna, 2023). Критическое значение в этой связи приобретают такие факторы, как особенности местной культуры, экономические нормативы и вовлеченность населения в механизм принятия решений по декарбонизации, наряду с ответственностью бизнеса (Hakovirta et al., 2022; Setiawan, Setiyo, 2022).

Стратегия декарбонизации и конкурентные преимущества

По мере ускорения процессов изменения климата и перехода к низкоуглеродной экономике компании все чаще прибегают к разработке стратегий декарбониза-

ции. Механизм поощрения низкого углеродного следа в период интенсивной декарбонизации делает привлекательными инвестиции в экологичные компании, которые обеспечивают более высокую прибыль, существенно не повышая общих рисков (Ouchani et al., 2022). Тем самым бизнес, внедряющий эффективные стратегии декарбонизации, получает конкурентное преимущество на рынке.

Учет экологических, социальных факторов и корпоративного управления (environmental, social, governance — ESG) в инвестиционной стратегии обеспечивает более высокие показатели, нежели отсев или изъятие инвестиций, т. е. более устойчивые практики делового оборота могут улучшить финансовые показатели (Chantre et al., 2022; Jean et al., 2019). Обзор литературы также продемонстрировал важность коммерциализации и технологического прогресса для процессов декарбонизации. Производство нового продукта и успешное внедрение устойчивых технологий вносят существенный вклад в декарбонизацию промышленных секторов (Wan et al., 2022). Сосредоточившись на инновационных решениях и рыночных подходах, компании могут улучшить свои конкурентные позиции и способствовать достижению общих целей декарбонизации.

Низкоуглеродное развитие Малайзии

Путь Малайзии к экологичному будущему начался в 2006 г., с принятия нескольких инициатив и стратегий сокращения углеродного следа. Среди этих мер были: добавление биодизеля на пальмовом масле в дизельное топливо; учреждение Управления по проблемам устойчивого развития энергетики (Sustainable Energy Development Authority, SEDA) для поддержки внедрения возобновляемых источников энергии (ВЭИ); поощрение пользования общественным транспортом вместо личных транспортных средств; дополнительное внимание к зеленым технологиям (Zamri et al., 2022). Более решительные шаги содержались в Девятом, Десятом и Одиннадцатом планах Малайзии, в Законе о биотопливной промышленности (National Biofuel Industry Act) и Национальной политике по ВЭИ (National Renewable Energy Policy). Особняком стоит Общий план по зеленым технологиям (Green Technology Master Plan) (2017–2030), нацеленный на снижение выбросов CO₂ на 45% к 2030 г. и устанавливающий амбициозные цели в сферах транспорта, строительства и обращения с отходами (Mohamed et al., 2016).

Малайзия определяет интенсивность выбросов CO₂ несколькими способами, рассчитывая показатели на душу населения и на единицу ВВП. Правительственный отчет за 2011 г., в котором особое внимание было уделено землепользованию и лесоводству (LULUCF), отразил значительное снижение уровня загрязнения по сравнению с 2005 г.: национальному хозяйству удалось снизить объем выбросов CO₂ в атмосферу на существенные 32.5%, в основном за счет включения лесов в лесные фонды (*forest gazetting*). Однако разница между фактическим сокращением выбросов и поддержанием объема поглотителей углерода требует учета и других методов смягчения изменений климата. Цель Малай-

зии — сократить интенсивность эмиссии на 45% на единицу ВВП, т.е. несмотря на заявленные экологические цели, общие объемы выбросов могут увеличиться по мере роста экономики (Mohamed et al., 2016).

Путь Малайзии к декарбонизации подробно описан в литературе. Государство в основном борется с высокими выбросами энергетического сектора. Препятствиями для зеленого роста выступают политические (законодательные) и энергетические (зависимость от традиционного топлива) проблемы. Стратегии их преодоления предполагают распространение ВЭИ, повышение энергоэффективности и выстраивание устойчивой логистики. Упомянуты также стандартизация внутренних цен на углерод и бюджетное финансирование зеленых проектов. Учет позиции локальных игроков поможет в разработке эффективных стратегий, гарантирующих плавный переход страны к низкоуглеродному будущему.

Как показывает обзор литературы, страна столкнулась с вызовами углеродоемкого развития, в основном порождаемыми энергетическим сектором в виде высокой эмиссии ПГ (Zamri et al., 2022). Такие факторы, как отсутствие политической воли, неэффективные нормативы и стимулы, а также глубокая зависимость от энергоносителей, порождают эффект «углеродной ловушки» (Ghosh, Gupta, 2022). Набор мер по выходу из нее включает наращивание доли ВЭИ, улучшение энергоэффективности и стимулирование перехода на экологически чистые виды транспорта (Ilham, Fajar, 2020).

Часть вызовов сопряжена с внедрением внутренних цен на углерод, в частности необходимость стандартизировать методы их расчета и разработать механизмы ценообразования (Zhang et al., 2021). Доступ к финансированию и инвестированию в низкоуглеродные проекты ограничен; особенно насущной остается потребность в поддерживающей политике и организационных структурах (Lim et al., 2020). Законодательство в области охраны окружающей среды требует обновления и приведения в соответствие современным реалиям (Sufian et al., 2021). Понимание перспектив малайзийских компаний может послужить основой для выработки политики, нормативов и партнерств, способствующих переходу Малайзии к низкоуглеродной экономике и выполнению обязательств других стран по углеродной нейтральности (Lusiana et al., 2021).

Методология
Исследовательский подход

Респонденты для обследования были тщательно отобраны на базе их опыта и вовлеченности в процессы декарбонизации и достижения целей устойчивого развития компаний. В интересах общего понимания в профиль выборки вошли лица, находящиеся на разных уровнях управления — от высших руководителей до глав филиалов или департаментов и менеджеров. При привлечении экспертов учитывались уровень владения необходимой информацией и позиции лиц, активно участвующих в продвижении повестки устойчивого развития и декарбонизации в рамках своей организа-

ции, вносящих вклад во всестороннее критическое понимание рассматриваемых вопросов.

Фокус-групповые дискуссии (ФГД) проводились при экспертной модерации одного из членов группы с опытом работы от 10 лет в проведении ФГД и личных интервью. ФГД осуществлялись с частично заданной структурой и тщательно подобранными вопросами открытого типа, чтобы получить от участников развернутые ответы. Вопросы были составлены так, чтобы выявить подходы компаний к декарбонизации как практике делового оборота: с какими вызовами сталкиваются и что думают респонденты об изменениях, которые необходимо провести, чтобы справиться с этими вызовами. В интересах точности и достоверности по каждой ФГД был составлен сводный отчет, подтвержденный каждым участником как отражающий их прямую и честную позицию.

В рамках исследования были проведены два раунда ФГД: первая группа заседала 11 марта 2023 г. с 11:00 до 11:50, вторая — с 14:00 до 15:00. В профиль выборки вошли 18 участников: 3 руководящих лица (главный управляющий и выше), 7 глав филиалов или департаментов и 11 менеджеров или ниже. В выборку секторов исследования вошли: строительство объектов недвижимости, плантационное хозяйство и обрабатывающая промышленность. Их включение обусловлено существенным вкладом в эмиссию ПГ — CO₂ и CH₄ (метана), выбросы которых выступают основной причиной климатических изменений и глобального потепления.

Вынесенные на обсуждение вопросы были тщательно сформулированы на основании данных, которые были почерпнуты из обзора литературы, и рекомендованных методов. Перед этим был проведен глубинный анализ академических исследований и промышленных разработок, которые помогли составить комплексное представление о предмете. Одновременно рассматривались самые эффективные подходы и стандарты, признаваемые экспертами и ведущими институтами в этой сфере. Такой упор, с одной стороны, на академическую литературу и, с другой, на проверенные деловые практики гарантирует не только актуальность задаваемых вопросов, но и охват релевантных данных. Инвестиционная политика компании и ее усилия по декарбонизации варьируют в зависимости от индустрии, масштабов бизнеса и экологических обязательств (Ghosh, Gupta, 2022; Gomez Echeverri, 2018). Были заданы следующие вопросы:

Табл. 1. Число участников ФГД (всего = 18)		
Сектор	Группа 1	Группа 2
Строительство объектов недвижимости	2	3
Плантационное хозяйство	4	4
Обрабатывающая промышленность	3	2
Итого	9	9
Источник: составлено авторами.		

увеличению энергоэффективности, на две трети сократив выбросы CO₂ от генерации электроэнергии (Gellert, Ciccantell, 2020; Green, Staffell, 2021; Price et al., 2018).

Помимо этого, исследование коснулось взаимосвязи между внедрением новых технологий и контролем за исполнением законодательства. Результаты показывают, что переуступаемые квоты на выбросы (ПКВ) потенциально могут преобразить механизм комплаенса (в треугольнике «комплаенс — контроль — технологии»), нивелируя преимущества от нарушения законов по защите окружающей среды (Patel, 2012). Более строгий подход к контролю за правоприменением в области ПКВ может ускорить распространение инноваций, благодаря государственным стимулам по достижению целей устойчивого развития. Эти данные подчеркивают многогранную природу механизмов комплаенса и решающую роль синергии между правовыми и общественными нормами (Nyanga, Nyanga, 2020).

Сокращение затрат

Участники показали сильную заинтересованность в сокращении затрат на декарбонизацию, в частности в методах перехода от флуоресцентных к светодиодным лампам или внедрению солнечных панелей для генерации электричества. Таким образом, работа с населением по широкому внедрению технологий, позволяющих экономить электроэнергию, может принести значительные результаты (Bistline et al., 2022; Gupta et al., 2021).

«Тем не менее, несмотря на признание преимуществ мер по сокращению затрат, участники выразили неуверенность в том, насколько существенными могут оказаться конкурентные преимущества от декарбонизации в их отраслях» (Эксперты 3, 5, 7).

Понимание того, насколько декарбонизация способна повысить конкурентные преимущества в разных сферах экономической деятельности, остается недостаточным (Gomez Echeverri, 2018; Nyanga, Nyanga, 2020). Анализ переноса тарифов на эмиссию CO₂ демонстрирует, что вклад цен на углерод в конечную стоимость товаров варьирует в зависимости от состояния международной торговли, рыночной структуры и бесплатных квот на выбросы (Kazi et al., 2021; Patel, 2012). В то время как некоторые энергоемкие отрасли озабочены проблемами конкурентоспособности, исследования показывают, что обрабатывающая промышленность сталкивается с гораздо большими проблемами на глобальном рынке, с учетом цены на углерод (Fleschutz et al., 2021).

Низкий приоритет инвестиций в декарбонизацию

Инвестирование в декарбонизацию, по-видимому, имеет низкий приоритет для двух конкретных групп. Первая группа, на которую приходится 8% ежегодных инвестиций, признает свои относительно скромные усилия в данном направлении.

«Отсутствие твердой государственной политики по достижению углеродной нейтральности является причиной их осторожного подхода» (Эксперты 4, 8, 12).

«С другой стороны, вторая группа, контролирующая 6% ежегодных инвестиций, выразила желание больше вкладывать в проекты по декарбонизации. Однако они признают, что их сдерживают сложность и непредсказуемость, с которыми связаны стратегии декарбонизации, и они не могут позволить себе выделять больше ресурсов на эти цели» (Эксперты 5, 9).

В проанализированной литературе декарбонизации придается высокий приоритет, обусловленный целями Парижского соглашения и удержания глобального потепления в заданных параметрах (Elkerbout et al., 2020; Ingeborgrud et al., 2020). Развивающиеся страны особенно нуждаются в поддержке соответствующих усилий ввиду нехватки свободных ресурсов на эти цели (Hammond, 2022; Rattle et al., 2023). В контексте низкоуглеродных стратегий на материале Индонезии обсуждаются важность ВЭИ в построении углеродно-нейтральных систем электроснабжения (Khatiwada et al., 2022), а также замещение ископаемого сырья биомассой как ключевой элемент декарбонизации промышленных процессов (Gianoli, Bravo, 2020). В целом подчеркивается неотложность и насущность декарбонизации различных секторов и территорий.

Дефицит специалистов и курсов обучения персонала и менеджеров

Один из основных факторов, сдерживающих реализацию стратегий декарбонизации, состоит в острой нехватке квалифицированных кадров и отсутствии соответствующих программ подготовки персонала и менеджмента (Milani, Cerabino, 2020).

«Отсутствие квалифицированных кадров и специализированных программ обучения выступает серьезным препятствием для компаний, ищущих возможности внедрения успешных инициатив по декарбонизации» (Эксперты 6, 14).

Одних лишь рыночных механизмов недостаточно для преодоления этой проблемы, что делает переход к углеродной нейтральности медленным и дорогостоящим (Ciotola et al., 2021). Малым предприятиям особенно недостает знаний, навыков и ресурсов для внедрения экологически чистых или устойчивых практик (Betiku, Bassey, 2022), требующих расширения доступа к ресурсам и равноправного обмена знаниями, а также сравнения экологических методов работы (Shirov et al., 2023). В целом удержание и эффективная деятельность обученного персонала остаются вызовом для государственных регуляторов и образовательных институций.

Сложности и проблемы

Прозрачность и международная универсальность таксономии

Участники обозначили разнообразные сложности и проблемы в контексте декарбонизации. Один из респондентов выразил разочарование из-за отсутствия четкого определения этого процесса и соответствующих международных стандартов.

«Например, когда власти Америки и Евросоюза обвинили малайзийских экспортеров в организации принудительного труда из-за плохих условий жизни и труда для иностранных работников. Отсутствие четкого и международно признанного определения экологически ответственных методов работы создает дополнительные проблемы для компаний, работающих на международных рынках» (Эксперт 7).

В научной литературе не сложился консенсус вокруг определения «экологически ответственной компании», что оказывает негативное влияние на развитие предпринимательского мышления в контексте целей устойчивого развития. Отсутствие ясности в этом вопросе также сказывается на теоретической фундированности существующих типологических обзоров по экологическому предпринимательству, в которых недостаточное раскрытие получают концепция «экологического предпринимательства» и эффекты ее применения (Hsieh, 2020).

Описанные вызовы подчеркивают необходимость лучшего понимания экологически ответственных методов работы и разработки комплексной таксономии устойчивого развития для предметного обсуждения и имплементации (GRI, SASB, 2021).

Сознательный и непреднамеренный гринвошинг

Один из респондентов выразил озабоченность проблемой гринвошинга в своей отрасли. В частности, были упомянуты получившие широкую огласку судебные процессы по обвинению в дезинформировании потребителей об экологичности товара (гринвошинг). Из-за этого мероприятия в рамках зеленой повестки, не подкрепленные реальными, верифицируемыми практиками, стали вызывать недоверие.

«Зафиксированные случаи гринвошинга, получившие широкую огласку во время судебных разбирательств последних нескольких лет, остаются основной причиной, по которой они нерешительно действуют в такой новой сфере» (Эксперт 8).

«Знакомые рассказывали один случай из практики, когда компания решила поучаствовать в производстве биодизеля из пальмового масла, полагая, что это источник возобновляемой энергии. К сожалению, компанию обвинили в гринвошинге, так как часть производственной цепочки по получению пальмового масла находилась на территории новой плантации, где раньше рос влажный тропический лес» (Эксперты 9, 11).

Исследования показывают распространенность корпоративного гринвошинга, однако его влияние на потребителей остается неизученным (Malecki, 2021). Преследование нарушителей экологического законодательства затрудняется сложными юридическими определениями, вопросами юрисдикции и бремени доказывания (Al Baroudi et al., 2022; Betiku, Bassey, 2022).

Конфликт интересов

Участники обследования обратили внимание на рост числа «экспертов по эмиссии CO₂ и устойчивому раз-

витию» из крупных консалтинговых фирм, что вызывает вопросы к уровню их компетентности. Потенциальный конфликт интересов компаний, предлагающих разнообразные консалтинговые услуги в таких сферах, как устойчивое развитие и раскрытие информации о выбросах, также стали предметом беспокойства и актуализировали проблему поиска надежных источников информации и рекомендаций.

«Резкий скачок числа “экспертов по выбросам CO₂ и устойчивому развитию” из больших консалтинговых фирм чреват конфликтом интересов, учитывая, что такие компании предоставляют множество услуг, например аудит, консультации по устойчивому развитию и раскрытию данных об эмиссии и верификация экологической отчетности» (Эксперты 10, 15).

Острота этого вопроса обусловлена тем, что упомянутые фирмы могут манипулировать отчетами по углеродосодержащим выбросам, защищая интересы своих клиентов, даже после наложения на них экологических штрафов (Schapper et al., 2022). Чтобы решить эту проблему, некоторые компании по собственной инициативе прибегают к стороннему аудиту подобной отчетности, особенно в случае большой асимметрии данных внутренней и внешней экспертизы (Malecki, 2021). Преодолеть эту асимметрию позволяет верификация данных об эмиссии, не сводимая к финансовому аудиту.

Скорость перехода к углеродной нейтральности и стоимость для частного сектора

Респонденты отметили важность соблюдения принципов прозрачности и нейтральности в вопросах устойчивого развития. Признавая положительную динамику декарбонизации — наглядно продемонстрированную в Приказе о контроле передвижений (ПКП), в период действия которого загрязнение воздуха в Куала-Лумпуре существенно снизилось, — они также подчеркнули, что этот результат тяжело отразился на экономике и частном секторе, понесшем основное финансовое бремя.

«Загрязнение воздуха в городской зоне Куала-Лумпура значительно снизилось в течение недели после введения ПКП; воздух оставался чистым до тех пор, пока закон не был отменен, т. е. позже в этом же году. Однако это привело к тяжелым экономическим последствиям: основные затраты пришлось на частный сектор, который хотя и получил некоторую пользу, но наибольшую выгоду при наименьших затратах извлекли общество и экономика» (Эксперты 1, 11, 13).

Вызов, связанный с сохранением конкурентного преимущества при соблюдении целей углеродной нейтральности, был еще одним важным вопросом дискуссии, участники которой пытались прояснить возможные последствия для занятости и развития промышленности. Такой баланс требовал тщательного планирования и стратегии, чтобы избежать неоправданных последствий для национальной экономики и рынка труда.

«Если Малайзия добьется прогресса на пути к углеродной нейтральности, сможем ли мы сохранить

нашу конкурентоспособность или потеряем позиции в занятости и промышленном развитии?» (Эксперты 12, 14).

Масштаб издержек, связанных с достижением углеродной нейтральности, может варьировать в зависимости от выбранной технологии и подхода. В литературе исследуется целый спектр издержек по разным методам. Например, стоимость выбросов, предотвращенных за счет непрямого поглощения CO₂ океаном (НПО), колебалась в диапазоне 373–604 за т CO₂ (Isaac et al., 2020; Stefanović et al., 2014). Другая стратегия предполагает введение углеродного налога, основанного на затратах по метрике нулевого уровня выбросов (ЗНВ), которая может потенциально развернуть энергетический сектор в сторону углеродной нейтральности, но также может спровоцировать рецессию (Skobelev et al., 2023; Zibunas et al., 2022). Помимо этого, распространение зданий с нулевой эмиссией в Австралии привело к эффективному снижению на 44 Мт выбросов CO₂ в год, хотя связанные с этим издержки на внедрение указаны не были. Показатели затрат на такие малораспространенные технологии с нулевой эмиссией, как ядерная энергетика, концентрированная энергия солнца и прибрежного ветра, составили от 39 до 91 за МВт, в зависимости от заданного уровня замещения в сети (Zibunas et al., 2022). В конечном счете курс на углеродную нейтральность может обеспечить существенные инвестиции.

Долгосрочная перспектива

Долгосрочная перспектива по декарбонизации охватывает несколько критических тем, например оценку выбросов, коммерческую перспективность технологий устойчивого развития, конкурентные преимущества, роль углеродных воронок и систем торговли квотами на выбросы.

Оценка выбросов

Хотя некоторые компании признают углеродное ценообразование и необходимость определять риски выбросов CO₂ для кредитного портфеля, разработка универсальной системы оценки, которую поддерживали бы государственные аудиторы и правительство Малайзии, остается сложной задачей.

«Слышали о ней, но не внедряли такую практику в компании. Упоминалось, что один из застройщиков (публичная компания Sunway REIT) устанавливает внутренние цены на углерод, но интересно, насколько эта картина реалистична, поскольку там фиксированная цена до 2030 г. Два других участника упоминали несколько малайзийских банков (был назван CIMB), которые оценивают риски выбросов углерода для кредитного портфеля своих кредиторов» (Эксперты 1, 5, 13).

«Вопрос в том, как учитывать эмиссию или устойчивое развитие в практике принятия корпоративных решений в условиях, когда подобная оценка на-

ходится в состоянии неопределенности» (Эксперты 12, 14).

«Хорошо ли иметь несколько признанных методов оценки, которые одобрены государственными аудиторами и малайзийским правительством?» (Эксперты 12, 15).

Внедрение универсальной системы оценки выбросов CO₂, которая поддерживается государственными аудиторами и правительством Малайзии, остается весьма непростой задачей. Компании признают важность углеродного ценообразования и потребность в такой оценке для кредитного портфеля (De Jong et al., 2015; Trinks et al., 2022). В отсутствие универсального механизма определения финансируемых выбросов (Bolwig et al., 2020; Mittal, Raman, 2022) за основу может быть взята концепция корпоративного углеродного следа (КУС) как инструмента измерения климатических рисков и разработки зеленой стратегии (Bolwig et al., 2020). Score 3 выступает важным руководством для количественной оценки финансируемой эмиссии (Bolwig et al., 2020; Rosyid, 2016), т.е. квантификации выбросов CO₂, которая зависит от построения альтернативных сценариев (Elkerbout et al., 2020). Высокая эмиссия влечет за собой рост кредитных спредов, поскольку климатические риски увеличивают размер премий (Rosyid, 2016). Рыночные механизмы могут дополнять прямое экологическое регулирование (Hakovirta et al., 2022).

Рентабельность

Рентабельность технологий устойчивого развития остается предметом дебатов, сдерживая корпоративные инвестиции в декарбонизацию. Неопределенность и риски, связанные с высокими инвестиционными издержками и долгим периодом окупаемости, препятствуют решительным действиям в этой области.

«Технологии и ноу-хау у нас есть, но почему их рентабельность все еще спорна?» (Эксперты 3, 6, 14).

«Зачем торопиться и инвестировать большие суммы в декарбонизацию, чтобы нести большие риски и неопределенность?» (Эксперты 2, 8, 10).

Исследования показывают, что небольшие компании сталкиваются как с кредитными ограничениями, так и с нехваткой зеленого менеджмента (green management), сдерживающими их готовность инвестировать в чистые технологии (Ma et al., 2022; Xiang et al., 2022). Кроме того, они с опаской воспринимают замену неэкологичных товаров экологичными, поскольку не рассматривают последние как источник конкурентных преимуществ (Skobelev et al., 2023). Тем не менее среди потребителей растут интерес и восприимчивость к устойчивым инновациям, что указывает на потенциал таких товаров (Zibunas et al., 2022).

В целом, несмотря на вызовы и неопределенность, растет признание значимости устойчивого развития, и компании могут начать адаптироваться и внедрять соответствующие технологии в ответ на запросы рынка (Zhang et al., 2022).

Конкурентные преимущества

Сложности связаны и с сохранением конкурентоспособности в сфере национальной занятости и промышленного развития в случае, если Малайзия станет региональным флагманом в достижении углеродной нейтральности. Концепция улавливания и удержания CO₂ выглядит привлекательным и нереализованным инструментом достижения целей устойчивого развития, но отсутствие четкой официальной политики и направления тормозит приток инвестиций в эту сферу.

«Если Малайзия устремится вперед, опережая другие соревнующиеся страны в достижении углеродной нейтральности, то сможем ли мы сохранить конкурентоспособность на рынке или потеряем в занятости и росте промышленности?» (Эксперт 15).

«Вижу какую-то нужду в социальных льготах, но это обойдется дороже корпорациям и в конечном счете скажется на конечных покупателях» (Эксперты 12, 14)

Исследования показывают, что более эффективная эксплуатация энергии и фокус на таких секторах, как обрабатывающая промышленность, электроэнергия и транспорт, могут помочь сдерживать рост эмиссии, не тормозя экономический рост (Sherman et al., 2020). Индустриализация оказывает статистически отрицательное влияние на выбросы CO₂, тогда как прямые иностранные инвестиции (ПИИ) и реальные показатели ВВП несут значительный положительный эффект (França et al., 2023). Поэтому для Малайзии важно разработать стратегию по сокращению эмиссии, которая учитывала бы опосредованную роль издержек от экологического ущерба и предлагала жесткое регулирование, нацеленное на рост ПИИ. Хотя расходы корпораций могут возрасти, переход на ВЭИ послужит сокращению выбросов CO₂ и достижению баланса между экономическим развитием и экологической устойчивостью.

Поглотитель углерода и система торговли квотами на выбросы

Углеродный поглотитель и система торговли выбросами (СТВ) занимают ключевое место в системе мер по декарбонизации (Verde et al., 2021; Zheng et al., 2021). Однако, наряду с сокращением эмиссии CO₂, изменением климата и устойчивым развитием, они не имеют высокого приоритета в повестке заседаний советов директоров большинства компаний. Как отметили респонденты, эти темы нечасто поднимаются на заседаниях, что тормозит принятие соответствующих решений.

«Улавливание и удержание CO₂ — многообещающее направление технологического развития, но ему пока недостает четкости, чтобы стать частью государственной политики» (Эксперты 7, 10, 14).

«Другой участник обратил внимание на нечастое обсуждение тем эмиссии и устойчивого развития на заседаниях совета директоров» (Эксперты 11, 13).

«Выбросы и устойчивое развитие как тема повестки на заседаниях совета директоров упоминается не чаще раза в год — при обсуждении соответствующей отчетности перед публикацией. При наличии публичных обвинений или нарушения закона, связанных с выбросами и устойчивым развитием, — еще пару раз, пока они не разрешатся, но за последние три года это произошло лишь однажды» (Эксперты 1, 5, 9).

Внедрение механизма СТВ оказывает двойной эффект, способствуя, с одной стороны, продуктивности экологического развития, с другой — повышению регионального углеродного равенства (regional carbon equality). Тем самым СТВ положительно влияет на зеленую совокупную факторную производительность и снижает инвестиции в углеродоемкие отрасли (Sherman et al., 2020). Улучшить безопасность и эффективность этого механизма позволяет инновационный подход — распределенная СТВ на основе блокчейна (Blockchain-enabled Distributed ETS). Эта модель превращает традиционную централизованную торговлю в рассредоточенную систему на базе смарт-контрактов, оптимизирующих торговлю выбросами (Dong et al., 2022). СТВ характеризуется такими параметрами, как допустимая величина выбросов, возможная связь с рынком (market linkage) и ценовая волатильность, которые требуют комплексного понимания поведения производителей и потребителей в этих системах (Zheng et al., 2021). Механизм СТВ показал свою действенность в сокращении эмиссии и менеджменте экологических последствий экономической деятельности в странах ЕС и служит источником ценной информации для формирования глобального рынка выбросов.

На рис. 2 схематически представлен механизм декарбонизации малайзийских компаний, в основе которого лежит экологический комплаенс, тесно связанный с системой государственного льготирования. Анализ стратегий малайзийского бизнеса демонстрирует его энтузиазм в вопросе сокращения издержек, например за счет перехода к энергоэффективным решениям. Однако фактические конкурентные преимущества, которые эти меры могут обеспечить в разных секторах, остаются неопределенными, поэтому для значительной доли предприятий декарбонизация не входит в число инвестиционных приоритетов. Причинами тому видимое отсутствие четкой государственной политики в области декарбонизации и трудности, с которыми сопряжен сам этот процесс. Другой связанной с этим проблемой выступает нехватка квалифицированных кадров, которую испытывают малайзийские компании не столько из-за отсутствия готовых специалистов, сколько из-за недостатка специализированных программ обучения, разработанных с учетом проблематики декарбонизации.

Рис. 2. Механизм декарбонизации



Заключения и рекомендации

В исследовании предложено комплексное понимание текущих методов декарбонизации, применяемых малайзийскими компаниями. Несмотря на отчетливое желание следовать экологическим стандартам и прилагать усилия к сокращению издержек, бизнес проявляет заметную сдержанность в том, чтобы рассматривать декарбонизацию как приоритетное направление для инвестиций. Переломить эту тенденцию позволит низкоуглеродная государственная политика, отвечающая национальным обязательствам Малайзии достичь углеродной нейтральности к 2050 г. Тематический анализ показал, что для многих компаний безусловным императивом выступает экологический комплаенс, наряду с мерами государственной поддержки, включая гранты и налоговые льготы. Однако, несмотря на востребованность инструментов сокращения издержек, целесообразность декарбонизации продолжает вызывать сомнения. Ситуацию усугубляют заполнившие рынок самоназванные эксперты спорной квалификации. К более специфичным вызовам относятся, в частности, запрос на более четкое определение устойчивого развития на государственном уровне, дилемма «конкурентоспособность — экологическая устойчивость» и недостаточное внимание руководящего состава.

Создание глобальной стратегии предполагает выработку универсальной таксономии и формата отчетности по устойчивому развитию и выбросам CO₂, что потребует сочетания усилий правительства, глобальных организаций, таких как фонды ЦУР ООН, и нормативов таких структур, как Совет по международным стандартам финансовой отчетности (International Accounting Standards Board, IASB). Проблему псевдоэкспертов позволит решить учреждение института сертифицирования — органа, который будет заниматься оценкой и аккредитацией подобных специалистов, чтобы преодолеть распространенный в отрасли скептицизм. Существует настоятельная потребность в создании и популяризации на национальном уровне единообразных программ обучения, нацеленных на

декарбонизацию. Низкоуглеродному переходу компаний способствовала бы также понятная и реалистичная политика, дополненная разумными принципами устойчивого развития. Образовательные организации, возможно при поддержке регионального правительства, должны инициировать создание программ, заполняющих данную лакуну, и в партнерстве с заинтересованными представителями индустрии разработать учебный план, соответствующий актуальным вызовам. В свою очередь бизнесу следует реорганизовать операционные процессы, поместив декарбонизацию в центр своей стратегии. Для этого компаниям придется определить конкретные перспективные задачи для достижения амбициозных целей углеродной нейтральности и регулярно проводить оценку эффективности реализуемых мер.

Дальнейшие исследовательские усилия могли бы состоять в отказе от восприятия декарбонизации как простого комплаенса и отнесения ее к числу корпоративных приоритетов. Этому может способствовать тщательное изучение преимуществ от внедрения компаниями низкоуглеродных стратегий с точки зрения получения ими конкурентных преимуществ, а также препятствий на пути их достижения.

Более глубокое исследование позволит составить комплексное представление о потенциале внутреннего углеродного ценообразования как инструмента оценки инвестиций. Необходим тщательный анализ перспектив измерения рентабельности технологий декарбонизации, который расширит арсенал корпоративных решений и предоставит новые данные об экономической целесообразности мер устойчивого развития.

Направлениями дальнейших изысканий могут стать поиски твердых оснований «четкой таксономии» и создание гибкой структуры измерения инновационной активности, применимой в различных экономических контекстах. Прояснение указанных аспектов катализирует не только более широкое внедрение мер борьбы с углеродными выбросами, но и выработку более гармоничного подхода к решению экологических проблем.

Библиография

- Abbasi K.R., Shahbaz M., Zhang J., Irfan M., Alvarado R. (2022) Analyze the environmental sustainability factors of China: The role of fossil fuel energy and renewable energy. *Renewable Energy*, 187, 390–402. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.066>
- Al Baroudi H., Wada R., Ozaki M., Patchigolla K., Iwatomi M., Murayama K., Otaki T. (2022) Real-scale investigation of liquid CO₂ discharge from the emergency release coupler of a marine loading arm. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2022.103674>
- Avşar C., Tümmük D., Yüzbaşıoğlu A.E., Gezerman A.O. (2022) The Role of the Merseburg Process in Industrial Decarbonisation and Waste Evaluation. *Kemija u Industriji*, 9–10. <https://doi.org/10.15255/kui.2021.088>
- Balaras C.A. (2022) Building Energy Audits — Diagnosis and Retrofitting towards Decarbonization and Sustainable Cities. *Energies*, 15(6), 15062039. <https://doi.org/10.3390/en15062039>
- Betiku A., Basse B.O. (2022) *Exploring the Barriers to Implementation of Carbon Capture, Utilisation and Storage in Nigeria*. Paper presented at the International Petroleum Technology Conference, IPTC 2022. <https://doi.org/10.2523/IPTC-22387-MS>
- Bistline J.E.T., Bedilion R., Goteti N.S., Kern N. (2022) Implications of variations in renewable cost projections for electric sector decarbonization in the United States. *IScience*, 25(6), 104392. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104392>
- Bolwig S., Bolkesjö T.F., Klitkou A., Lund P.D., Bergaentzle C., Borch K., Olsen O.J., Kirkerud J.G., Chen Y., Gunkel P.A., Skytte K. (2020) Climate-friendly but socially rejected energy-transition pathways: The integration of techno-economic and socio-technical approaches in the Nordic-Baltic region. *Energy Research and Social Science*, 67, 101559. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101559>
- Byrd J.W., Cooperman E.S., Hickman K. (2020) *Capital Budgeting and Climate Change: Does Corporate Internal Carbon Pricing Reduce CO₂ Emissions* (SSRN Paper 3575769). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3575769>
- Byrne D. (2022). A worked example of Braun and Clarke's approach to reflexive thematic analysis. *Quality and Quantity*, 56(3). <https://doi.org/10.1007/s11135-021-01182-y>
- Carroll J.L., Daigneault A.J. (2019) Achieving ambitious climate targets: is it economical for New Zealand to invest in agricultural GHG mitigation? *Environmental Research Letters*, 14(12), 124064. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab542a>
- Chantre C., Andrade Eliziário S., Pradelle F., Católico A.C., Branquinho Das Dores A.M., Torres Serra E., Campello Tucunduva R., Botelho Pimenta Cantarino V., Leal Braga S. (2022) Hydrogen economy development in Brazil: An analysis of stakeholders' perception. *Sustainable Production and Consumption*, 34, 26–41. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.028>
- Ciotola A., Fuss M., Colombo S., Poganietz W.R. (2021) The potential supply risk of vanadium for the renewable energy transition in Germany. *Journal of Energy Storage*, 33, 102094. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.102094>
- De Jong M., Joss S., Schraven D., Zhan C., Weijnen M. (2015) Sustainable-smart-resilient-low carbon-eco-knowledge cities; Making sense of a multitude of concepts promoting sustainable urbanization. *Journal of Cleaner Production*, 109, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.004>
- Dong H., Tan X., Cheng S., Liu Y. (2022) COVID-19, recovery policies and the resilience of EU ETS. *Economic Change and Restructuring* (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1007/s10644-021-09372-2>
- Elkerbout M., Egenhofer C., Ferrer J.N., Cătuți M., Kustova I., Rizos V. (2020) The European Green Deal after Corona: Implications for EU climate policy (CEPS Policy Insights), Brussels: CEPS.
- Fleschutz M., Bohlender M., Braun M., Henze G., Murphy M.D. (2021) The effect of price-based demand response on carbon emissions in European electricity markets: The importance of adequate carbon prices. *Applied Energy*, 295, 117040. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117040>
- Flick U. (2018) *An Introduction to Qualitative Research*, Thousand Oaks, CA: Sage.
- França A., López-Manuel L., Sartal A., Vázquez X.H. (2023) Adapting corporations to climate change: How decarbonization impacts the business strategy–performance nexus. *Business Strategy and the Environment* (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1002/bse.3439>
- Gellert P.K., Ciccantelli P.S. (2020) Coal's Persistence in the Capitalist World-Economy. *Sociology of Development*, 6(2), 194–221. <https://doi.org/10.1525/sod.2020.6.2.194>
- Ghosh N., Gupta D. (2022) Decarbonization strategy of businesses, stock return performance and investment styles: A systematic review. *Benchmarking*, 30(7), 2432–2457. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2021-0554>
- Gianoli A., Bravo F. (2020) Carbon tax, carbon leakage and the theory of induced innovation in the decarbonisation of industrial processes: The case of the Port of Rotterdam. *Sustainability*, 12(18), 12187667. <https://doi.org/10.3390/su12187667>
- Gomez Echeverri L. (2018) Investing for rapid decarbonization in cities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.010>
- Green J.F. (2021) Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdae9>
- Green R., Staffell I. (2021) The contribution of taxes, subsidies, and regulations to British electricity decarbonization. *Joule*, 5(10), 2625–2645. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.09.011>
- GRI, SASB (2021) *A Practical Guide to Sustainability Reporting Using GRI and SASB Standards*, Amsterdam (NL), San Francisco, CA: GRI, SASB.
- Gupta R., Pena-Bello A., Streicher K.N., Roduner C., Thöni D., Patel M.K., Parra D. (2021) Spatial analysis of distribution grid capacity and costs to enable massive deployment of PV, electric mobility and electric heating. *Applied Energy*, 287, 116504. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116504>
- Hakovirta M., Kovanen K., Martikainen S., Manninen J., Harlin A. (2022) Corporate net zero strategy — Opportunities in start-up driven climate innovation. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3139–3150. <https://doi.org/10.1002/bse.3291>
- Hammond G.P. (2022) The UK industrial decarbonisation strategy revisited. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy*, 175(1), 30–44. <https://doi.org/10.1680/jener.21.00056>
- Hsieh H.C.L. (2020) Integration of environmental sustainability issues into the “game design theory and practice” design course. *Sustainability*, 12(16), 6334. <https://doi.org/10.3390/SU12166334>
- Ilham R., Fajar A.N. (2020) An effective model to measure gamification implementation to improve customers' interest in using e-commerce systems under the pandemics. *Journal of System and Management Sciences*, 10(4). <https://doi.org/10.33168/JSMS.2020.0405>
- Ingeborgrud L., Heidenreich S., Ryghaug M., Skjølsvold T.M., Foulds C., Robison R., Buchmann K., Mourik R. (2020) Expanding the scope and implications of energy research: A guide to key themes and concepts from the Social Sciences and Humanities. *Energy Research and Social Science*, 63, 101398. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101398>
- Isaac S., Shubin S., Rabinowitz G. (2020) Cost-optimal net zero energy communities. *Sustainability*, 12(6), 12062432. <https://doi.org/10.3390/su12062432>
- Jean J., Woodhouse M., Bulović V. (2019) Accelerating Photovoltaic Market Entry with Module Replacement. *Joule*, 3(11), 2824–2841. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.08.012>
- Kazi M.K., Eljack F., El-Halwagi M.M., Haouari M. (2021) Green hydrogen for industrial sector decarbonization: Costs and impacts on hydrogen economy in Qatar. *Computers and Chemical Engineering*, 145, 107144. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.107144>
- Khan J., Johansson B. (2022) Adoption, implementation and design of carbon pricing policy instruments. *Energy Strategy Reviews*, 40, 100801. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100801>

- Khatiwada D., Vasudevan R.A., Santos B.H. (2022) Decarbonization of natural gas systems in the EU – Costs, barriers, and constraints of hydrogen production with a case study in Portugal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112775. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112775>
- Kiger M.E., Varpio L. (2020) Thematic analysis of qualitative data: AMEE Guide No. 131. *Medical Teacher*, 42(8), 1755030. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1755030>
- Lusiana M., Haat M.H.C., Saputra J., Yusliza M.Y., Muhammad Z., Bon A.T. (2021) A review of green accounting, corporate social responsibility disclosure, financial performance and firm value literature. In: *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Singapore, March 7-11, 2021*, Southfield, MI: IEOM Society International, pp. 5622–5640.
- Ma J., Kuo J. (2021) Environmental self-regulation for sustainable development: Can internal carbon pricing enhance financial performance? *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3517–3527. <https://doi.org/10.1002/bse.2817>
- Ma M., Feng W., Huo J., Xiang X. (2022) Operational carbon transition in the megalopolises' commercial buildings. *Building and Environment*, 226, 109705. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109705>
- Malecki C. (2021) Corporate Social Responsibility in France. In: *Sustainable Finance, Climate Finance: The French and European Impetus for Sustainable Growth* (series: CSR, Sustainability, Ethics and Governance) (ed. S.O. Idowu), Cham: Springer, pp. 121–147. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68386-3_7
- Mercer (2019) *Investing in a time of climate change*, London: Mercer LLC, International Finance Corporation, UK Department for International Development.
- Milani M., Cerabino C. (2020) *ENI professional models and technical careers*. Paper presented at the International Petroleum Technology Conference IPTC-2020. <https://doi.org/10.2523/iptc-19777-ms>
- Mittal V., Raman T.V. (2022) Financing woes: Estimating the impact of MSME financing gap on financial structure practices of firm owners. *South Asian Journal of Business Studies*, 11(3), 316–340. <https://doi.org/10.1108/SAJBS-07-2020-0228>
- Mohamed M.I.K.P.H.P., Rasi R.Z.R.M., Mohamad M.F.A., Wan Yusoff W.F. (2016) Towards an integrated and streamlined halal supply chain in Malaysia-challenges, best practices and framework. *Social Sciences* (Pakistan), 11(11), 2864–2870.
- Nyanga C. (2020) The Role of Mangroves Forests in Decarbonizing the Atmosphere. Carbon-Based Material for Environmental Protection and Remediation. In: *Carbon-Based Material for Environmental Protection and Remediation* (eds. M. Bartoli, M. Frediani, L. Rosi), London: IntechOpen, pp. 1–11. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92249>
- Ouchani F.Z., Jbaili O., Alami Merrouni A., Ghennioui A., Maaroufi M. (2022) Geographic Information System-based Multi-Criteria Decision-Making analysis for assessing prospective locations of Pumped Hydro Energy Storage plants in Morocco: Towards efficient management of variable renewables. *Journal of Energy Storage*, 55, 105751. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105751>
- Patel U.R. (2012) *Decarbonization Strategies: How Much, How, Where and Who Pays for a Rise of 2 Degrees Celsius?* (SSRN Paper 1577832). <https://doi.org/10.2139/ssrn.1577832>
- Peng J., Schwalbe-Koda D., Akkiraju K., Xie T., Giordano L., Yu Y., Eom C.J., Lunger J.R., Zheng D.J., Rao R.R., Muy S., Grossman J.C., Reuter K., Gómez-Bombarelli R., Shao-Horn Y. (2022) Human- and machine-centred designs of molecules and materials for sustainability and decarbonization. *Nature Reviews Materials*, 7(12), 991–1009. <https://doi.org/10.1038/s41578-022-00466-5>
- Price J., Zeyringer M., Konadu D., Sobral Mourão Z., Moore A., Sharp E. (2018) Low carbon electricity systems for Great Britain in 2050: An energy-land-water perspective. *Applied Energy*, 228, 928–941. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.06.127>
- Rattle I., Gailani A., Taylor P.G. (2023) Decarbonisation strategies in industry: Going beyond clusters. *Sustainability Science*. <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01313-4>
- Reyseliani N., Hidayatno A., Purwanto W.W. (2022) Implication of the Paris agreement target on Indonesia electricity sector transition to 2050 using TIMES model. *Energy Policy*, 169, 113184. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113184>
- Romasheva N., Cherepovitsyna A. (2023) Renewable Energy Sources in Decarbonization: The Case of Foreign and Russian Oil and Gas Companies. *Sustainability*, 15(9), 7416. <https://doi.org/10.3390/su15097416>
- Rosyid O.A. (2016) Comparative performance testing of photovoltaic modules in tropical climates of Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 1712. <https://doi.org/10.1063/1.4941865>
- Russo R.O. (2021) Silvopastoral Systems and Costa Rica's Low Carbon Livestock Strategy: An Informed Opinion. *South Florida Journal of Development*, 2(4). <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n4-053>
- Schapper A., Hoffmann C., Lee P. (2022) Procedural rights for nature – a pathway to sustainable decarbonisation? *Third World Quarterly*, 43(5), 1197–1216. <https://doi.org/10.1080/01436597.2022.2057293>
- Setiawan I.C., Setiyo M. (2022) Renewable and Sustainable Green Diesel (D100) for Achieving Net Zero Emission in Indonesia Transportation Sector. *Automotive Experiences*, 5(1). <https://doi.org/10.31603/ae.6895>
- Sherman P., Chen X., McElroy M. (2020) Offshore wind: An opportunity for cost-competitive decarbonization of China's energy economy. *Science Advances*, 6(8). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax9571>
- Shirov A.A., Kolpakov A.Yu., Gambhir A., Koasidis K., Köberle A.C., McWilliams B., Nikas A. (2023) Stakeholder-driven scenario analysis of ambitious decarbonisation of the Russian economy. *Renewable and Sustainable Energy Transition*, 4, 100055. <https://doi.org/10.1016/j.rset.2023.100055>
- Skobelev D.O., Cherepovitsyna A.A., Guseva T.V. (2023) Carbon capture and storage: Net zero contribution and cost estimation approaches. *Journal of Mining Institute*, 259, 125–140. <https://doi.org/10.31897/PMI.2023.10>
- Stefanović A., Bojić M., Gordić D. (2014) Achieving net zero energy cost house from old thermally non-insulated house using photovoltaic panels. *Energy and Buildings*, 76, 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.057>
- Thompson J. (2022) A Guide to Abductive Thematic Analysis. *Qualitative Report*, 27(5). <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.5340>
- Trinks A., Mulder M., Scholtens B. (2022) External carbon costs and internal carbon pricing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112780. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112780>
- UNDP (2016) *Human Development Report 2016*, Vienna: United Nations.
- Verde S.F., Galdi G., Alloisio I., Borghesi S. (2021) The EU ETS and its companion policies: Any insight for China's ETS? *Environment and Development Economics*, 26(3), 302–320. <https://doi.org/10.1017/S1355770X20000595>
- Xiang X., Ma M., Ma X., Chen L., Cai W., Feng W., Ma Z. (2022) Historical decarbonization of global commercial building operations in the 21st century. *Applied Energy*, 322, 119401. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119401>
- Zamri M.F.M.A., Milano J., Shamsuddin A.H., Roslan M.E.M., Salleh S.F., Rahman A.A., Bahru R., Fattah I.M.R., Mahlia T.M.I. (2022) An overview of palm oil biomass for power generation sector decarbonization in Malaysia: Progress, challenges, and prospects. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 11(4). <https://doi.org/10.1002/wene.437>
- Zhang S., Ma M., Xiang X., Cai W., Feng W., Ma Z. (2022) Potential to decarbonize the commercial building operation of the top two emitters by 2060. *Resources, Conservation and Recycling*, 185, 106481. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106481>
- Zheng Y., Sun X., Zhang C., Wang D., Mao J. (2021) Can Emission Trading Scheme Improve Carbon Emission Performance? Evidence From China. *Frontiers in Energy Research*, 9, 759572. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.759572>
- Zhu B., Xu C., Wang P., Zhang L. (2022) How does internal carbon pricing affect corporate environmental performance? *Journal of Business Research*, 145, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.071>
- Zibunas C., Meys R., Kätelhön A., Bardow A. (2022) Cost-optimal pathways towards net-zero chemicals and plastics based on a circular carbon economy. *Computers and Chemical Engineering*, 162, 107798. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2022.107798>