



ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА DIGITAL ECONOMY

Влияние цифровой трансформации на зеленую трансформацию бизнеса в Японии

Impact of digital transformation on green transformation of business in Japan

Шапошников Сергей Вячеславович

кандидат экономических наук, доцент
Высшая школа бизнеса, НИУ ВШЭ, Москва
E-mail: svshaposhnikov@hse.ru
ORCID: 0000-0003-4563-259X

Садои Юри

доктор экономических наук, профессор
Экономический факультет, Университет Мэйдзё,
Нагоя, Япония
E-mail: sadoi@meijo-u.ac.jp
ORCID: 0000-0002-3830-5614

Sergei V. Shaposhnikov

PhD (Economics), Associate Professor
Graduate School of Business, HSE University, Moscow

Yuri Sadoi

PhD (Economics), Professor
Faculty of Economics, Meijo University, Nagoya, Japan

Резюме. В современном мире технологии играют решающую роль в обеспечении успеха компаний, цифровая трансформация помогает компаниям достичь экологической устойчивости, адаптироваться к изменениям на рынке. В статье рассматривается значимость цифровой трансформации для достижения зеленой трансформации японскими компаниями. Зеленая трансформация привлекает внимание японских компаний как стратегия корпоративного роста, повышения конкурентоспособности. Кроме того, зеленая трансформация рассматривается как возможность создания новых бизнес-моделей, в которых широко используется опыт цифровизации и цифровой трансформации. Данный процесс рассматривается на примере ряда японских компаний, изучение которых показывает, что японский бизнес зачастую рассматривает зеленую трансформацию, как путь повышения энергоэффективности и снижения выброса углекислого газа.

Ключевые слова: зеленая трансформация, цифровая трансформация, Япония, японский бизнес

Abstract. Today technology plays a crucial role for the success of companies, and digital transformation helps business to achieve environmental sustainability and to adapt to market changes. This article examines the significance of digital transformation for Japanese companies in achieving green transformation. Green transformation attracts the attention of Japanese companies as a strategy for corporate growth and competitiveness. In addition, green transformation is seen as an opportunity to create new business models applying the experience of digitalization and digital transformation. The green transformation process is observed on the cases of Japanese companies and shows that Japanese business often consider green transformation as a tool to improve energy efficiency and reduce carbon dioxide emissions.

Keywords: green transformation, digital transformation, Japan, Japanese business

В наши дни зеленая трансформация становится важным направлением развития бизнеса. С помощью цифровых технологий, цифровой трансформации компании повышают эффективность и конкурентоспособность, трансформируют деловую культуру и организацию своей деятельности в целом. Компании, внедряющие цифровые технологии, реализующие цифровую трансформацию и зеленую трансформацию в свое стратегическое мышление, оказываются в выигрышном положении в условиях жесткой рыночной конкуренции.

Сегодня для формирования позитивного имиджа и завоевания доверия стейкхолдеров компаниям необходимо быть экологически, экономически и социально устойчивыми. В контексте экологической устойчивости следует рассмотреть зеленую трансформацию компаний, поскольку деятельность, основанная на более экологически чистых и устойчивых механизмах деятельности, может снизить операционные затраты, повысить рентабельность и безопасность работников, а также уменьшить негативное воздействие бизнеса на окружающую среду [1]. Цифровизация и цифровая трансформация, создающие устойчивое и интеллектуальное производство, сегодня привлекает всё больше внимания бизнес сообщества, что связано с вопросами энергосбережения и потребления возобновляемой энергии [2]. Устойчивое и интеллектуальное производство позволяет сократить объемы используемых ресурсов и загрязнение окружающей среды, при этом не упуская из вида цели развития и роста бизнеса [3]; оно может быть реализовано с помощью цифровых технологий, таких как технологии интернета вещей, киберфизические системы, облачные вычисления, искусственный интеллект, аналитика больших данных и цифровые двойники [4]. В научной литературе достаточно широко отмечается, что вышеуказанные технологии серьезно трансформируют производство с точки зрения его экологичности, безотходности, эффективности и устойчивости цепочек поставок [5; 6; 7; 8].

Цифровая трансформация

Для понимания воздействия цифровых технологий необходимо рассмотреть вопрос цифровой трансформации как процесса, поддерживающего реализацию зеленой трансформации бизнеса. На сегодняшний день существует достаточно много определений цифровой трансформации. Впервые термин «цифровая трансформация» был предложен в 2004 г. как идея о том, что постоянно развивающиеся технологии обогащают жизнь людей [9]. Другими словами, происходит преобразование жизни общества в лучшую сторону путем внедрения в нее передовых цифровых технологий. Однако цифровая трансформация — это не просто использование цифровых технологий (т.н. цифровизация), это в том числе и «цифровое разрушение», означающее серьезные изменения жизни людей и компаний при помощи цифровых технологий, революционных инноваций, которые видоизменяют существующие ценности и рамки нашей жизни. Также цифровую трансформацию можно определить как процесс, который используется для реструктуризации экономики, институтов и общества на системном уровне [10; 11]. Кроме того, цифровая трансформация это не только процесс, ориентированный на организацию, а явление, которое несет изменения в промышленность и общество в целом [12]. Следует указать и на то, что цифровая трансформация — это внедрение новых бизнес-моделей и цифровых платформ комплексным образом в деятельность компаний [13]. Пожалуй, самое емкое определение цифровой трансформации было сформулировано Министерством экономики, торговли и промышленности Японии. Согласно ему, цифровая трансформация — это «трансформация продуктов, услуг и бизнес-модели компании на основе потребностей клиентов и общества с использованием данных и цифровых технологий для реагирования на быстрые изменения в бизнес-среде, а также для преобразования самого бизнеса, организации, процессов, корпоративной культуры и климата с целью создания конкурентного преимущества» [14].

Учитывая вышесказанное, можно отметить, что цифровая трансформация влияет на «треугольник устойчивости» [15; 16] — корпоративную устойчивость, социальную устойчи-

вость и экологическую устойчивость (включая зеленую трансформацию). Для обеспечения экологической устойчивости широкое внедрение цифровых технологий может привести к улучшению состояния окружающей среды, здоровья человека и даже всей пищевой цепочки [17].

Зеленая трансформация

Поскольку традиционная модель экономического роста экономики основана на постоянно растущем потреблении ограниченных природных ресурсов, это уже привело к угрозе дефицита сырья и постоянно растущим ценам на них. Сегодня всё больше стран находятся в поиске и обращаются к другим моделям экономического развития, в которых экономический результат может быть достигнут без разрушения окружающей среды.

Этот переход называется зеленой трансформацией и включает в себя разработку и внедрение зеленых технологий, создание правовой базы, обеспечивающей экономию энергии, сокращение выбросов парниковых газов, деятельность, направленную на изменение отношения общества к принятию технологических решений и правовых норм в области экологии. Таким образом, зеленую трансформацию можно определить как экономический рост с заботой об окружающей среде, который гарантирует высокое качество жизни нынешнего и будущих поколений благодаря эффективному и рациональному использованию имеющихся ресурсов [18].

В узком смысле зеленая трансформация связана с концепцией зеленого роста, то есть развития, ориентированного на зеленую трансформацию экономики [19]. В более широком смысле зеленая трансформация сосуществует с идеей устойчивого развития, которая, помимо «озеленения» экономики, связана с изменениям в социальной и экологической сферах [20]. Стоит также подчеркнуть, что, по мнению некоторых исследователей, этот термин следует отождествлять прежде всего с изменениями, происходящими в природной среде, такими как процесс структурных изменений, который приводит экономику в планетарные границы, или определять как систему (решений, политики и направлений роста), которая делает акцент на использовании возобновляемых источников энергии и разумном управлении зелеными зонами для устойчивого будущего [21]. В отличие от определений, сосредоточенных на необходимости соблюдения экологических ограничений, другие исследователи объединяют «озеленение» со многими другими аспектами, связанными с технологическими, экологическими и политическими вопросами [22]. Зеленую трансформацию можно определить и в более широком смысле — как социально инклюзивный процесс, в котором различные субъекты, такие как местные сообщества, местные органы власти и компании, имеют представительный голос в планировании и реализации нового плана развития [23].

В Японии «зеленую трансформацию» определяют как стратегию роста, которая означает преобразование всей экономической и социальной системы, необходимой для достижения как экономического роста, так и защиты окружающей среды, а также для быстрого перехода к углеродной нейтральности путем достижения нулевых выбросов парниковых газов к 2050 г. [24]. Т.е. суть зеленой трансформация в Японии фокусируется на достижение декарбонизированного общества и экономического роста путем преобразования промышленной структуры за счет перехода на возобновляемые, «зеленые» источники энергии, такие как солнечная, ветровая, гидроэлектрическая и геотермальная энергия.

Как мы видим из вышесказанного, пока не существует единого общепризнанного пути и определения зеленой трансформации. Она может идти разными путями и зависит от множества различных факторов.

Влияние цифровой трансформации на зеленую трансформацию

Сегодня цифровая трансформация стала необратимой тенденцией, способствующей обмену и оптимизации использования ресурсов, поиску новых, ориентированных на экологические проблемы бизнес-моделей, что в целом отвечает требованиям зеленой трансформации. С помощью цифровых технологий генерируются базы данных и знаний, которые распространяются, обмениваются в сетях в режиме реального времени. Цифровая трансформация позволяет компаниям интегрировать информацию о продуктах, процессах, ресурсах, внешней среде и т.д. для решения проблемы информационной департаментизации, фрагментации и информационной асимметрии, формируя полную информационную систему данных, которая помогает предприятиям достичь своих экономических интересов и защиты окружающей среды.

Согласно исследованиям, цифровизация и цифровая трансформация значительно способствуют зеленой трансформации компаний. Так, в ходе эмпирических исследований было обнаружено, что повышение уровня цифровизации эффективно повышает способность предприятий к интеграции технологий, тем самым способствуя инновационной деятельности в области зеленых технологий на предприятиях [25]; при изучении предприятий, сильно загрязняющих окружающую среду, было обнаружено, что цифровизация в основном способствует инновациям в области зеленых технологий за счет повышения уровня обмена информацией и способности к интеграции знаний [26].

Цифровые технологии, такие как искусственный интеллект, большие данные, технологии интернета вещей, облачные вычисления и мобильные технологии, являются ключевыми в области экологической устойчивости компании. Данные технологии позволяют проводить контроль и анализ загрязнения (воздуха, воды, изменение климата и др.); осуществлять управление отходами (твердые отходы, электронные отходы, пищевые отходы, сельскохозяйственные отходы и др.); создавать устойчивые производство и цепочку поставок; реализовывать устойчивое развитие городов (умные города, устойчивые города). Например, использование искусственного интеллекта для контроля загрязнения окружающей среды как высокоэффективного инструмента решения сложных экологических проблем [27]. Также были проведены исследования о том, как технология интернета вещей используется для измерения и контроля загрязнения воздуха, что позволяет снизить негативный эффект деятельности компаний [28]. Аналогичным образом, существуют исследования, в которых мобильные технологии использовались для борьбы с загрязнением. Например, мобильных технологии для измерений качества воздуха в режиме реального времени с помощью интеллектуальных сенсорных устройств и методов моделирования на основе больших данных, осуществляли точное прогнозирование качества воздуха [29].

Зеленая трансформация в Японии

В последние десятилетия, наряду с проблемой стагнации японской экономики, актуальным стал вопрос низкой производительности и конкурентоспособности японского бизнеса; в дополнение к этому, позиция правительства Японии по декарбонизации экономики и переходу на возобновляемые источники энергии, принятые обязательства перед международным сообществом по сокращению выбросов углекислого газа, заставляют правительство работать над поиском новых драйверов экономического роста национальной экономики. Кроме того, бизнес, функционирующий в жестких условиях пандемии COVID-19, был вынужден приступить к организационным реформам для повышения производительности труда и повышения конкурентоспособности. В таких условиях японские компании приступают не только к институциональным и системным реформам (сокращение персонала, обновление кадровых систем и др.), но и к разработке новой философии управления организацией, активному

внедрению цифровой и зеленой трансформации для формирования базы для устойчивого развития национальной экономики [30].

В октябре 2020 г. правительство Японии объявило о цели «углеродной нейтральности к 2050 г.» путем сокращения выброса парниковых газов. В декабре того же года Министерство экономики, торговли и промышленности предложило «Стратегию зеленого роста, сопровождающую углеродную нейтральность в 2050 г.» [31], призванную создать условия, побуждающие компании предпринимать шаги к углеродной нейтральности путем мобилизации бюджетных, налоговых, финансовых, нормативных реформ и т.д. В мае 2021 г. Министерство охраны окружающей среды Японии разработало руководство, направленное на продвижение конкретных инициатив по корпоративной декарбонизации [32]. В марте 2022 г. группа инициативных компаний, нацеленных на достижение устойчивого роста, совместно с правительством и научными кругами, начала совместную работу в рамках проекта зеленой трансформации. Это сотрудничество оформлено в виде «Лиги зеленой трансформации» — форума по вопросам реализации цифровой трансформации в сфере зеленой трансформации бизнеса [33].

Сегодня японский бизнес рассматривает зеленую трансформацию как один из инструментов повышения устойчивости управления бизнесом в условиях высококонкурентной среды. С апреля 2022 г. компании, размещающие акции на бирже, обязаны раскрывать информацию по выбросам углекислого газа. Данное требование продиктовано требованием заинтересованных сторон бизнеса, ожидающих, что компании обеспечат свою долгосрочную устойчивость [34]. Решение социальных вопросов, таких как сокращение выбросов углекислого газа и меры по энергосбережению, приводят к улучшению корпоративного имиджа в Японии [34]. Кроме того, это расширение бизнес возможностей для компаний. Так, сокращение выбросов углекислого газа и политика энергосбережения дает возможность компаниям заключать выгодные сделки с крупными компаниями, которые серьезно подходят к вопросу устойчивого развития [35]. Японские компании постепенно переходят к осознанию и делают первые шаги к изменению бизнес-моделей, переходят к совместной работе с другими компаниями и стекхолдерами для созданию устойчивого общества, что в итоге ускоряет зеленую трансформацию бизнеса [34]. Таким образом, можно сделать вывод, что декарбонизация, цифровизация и цифровая трансформация неразрывно связаны друг с другом, и без цифровых инноваций декарбонизации едва ли была бы осуществима. Цифровые технологии являются важной предпосылкой декарбонизации в Японии [35].

Рассмотрим примеры внедрения цифровой трансформации для реализации зеленой трансформации на примере нескольких японских компаний, которые активно продвигают инициативы декарбонизации деятельности.

NTT Group (сфера деятельности: телекоммуникационные услуги производство телекоммуникационного оборудования). Компания объявила о сокращении выбросов парниковых газов на 80% к 2030 г. и об углеродной нейтральности к 2040 г. NTT Group расширяет рециркуляцию энергии и снижает энергопотребление оборудования с помощью концепции цифровой трансформации под названием IOWN (Innovative Optical and Wireless Network). IOWN — это новая модель инфраструктуры информационной сети и обработки информации, включая терминалы, которая может обеспечить высокоскоростную связь большой емкости и огромные вычислительные ресурсы с использованием инновационных технологий с целью создания благополучного общества на основе всех видов информации [36].

Ringer Hut Co., Ltd. (сфера деятельности: сеть ресторанов быстрого питания). Компания применяет модель прогнозирования спроса для каждого своего ресторана. Искусственный интеллект на данных о продажах за последние три года, прогнозирует спрос с точностью 80% и выше. Используя этот инструмент, компания смогла сократить потребление электроэнергии, выбросы углекислого газа, объемы потребляемого пластика, используемого для упаковки, оптимизировала свою бизнес-модель [37].

NTT Facilities Inc. (сфера деятельности: архитектурные услуги). Компания разработала интеллектуальную систему управления кондиционированием помещений Smart DASH, которая позволяет достичь оптимальных условий кондиционирования воздуха и энергосбережение путем автоматического измерения и управления микроклиматом с использованием искусственного интеллекта и технологий интернета вещей. Оптимальное управление снижает энергопотребление кондиционерами до 30% [38].

Ricoh Co., Ltd. (сфера деятельности: производство электронного оборудования, комплектующих, программного обеспечения). Компания разработала систему управления освещением и кондиционированием воздуха RICOH Smart MES, которая создает благоприятные условия на рабочем месте. Управляя освещением и кондиционированием, компания может создать атмосферу, соответствующую времени дня, загрузке помещения и т.д., что позволяет снизить нерационального использования энергии на рабочем месте [39].

Fujitsu Ltd. (сфера деятельности: производство электронного оборудования, комплектующих, программного обеспечения). Компания разработала логистическое решение для динамической оптимизации маршрутов в соответствии с условиями движения, оптимизацию размещения транспортных средств на основе прогноза спроса, автоматизацию планов технического обслуживания с учетом условий эксплуатации, расчет эффекта от внедрения тех или иных типов транспортных средств. Решение позволяет снизить выбросы углекислого газа, устранить логистический кризис, связанный с дефицитом водителей в Японии, а также обеспечить безопасные и удобные перевозки грузов [40].

Garprise Co., Ltd. (сфера деятельности: разработчик цифровых маркетинговых решений). Компания предложила технологию обработки изображений с помощью искусственного интеллекта Speedsize, которая позволяет сократить на 45% выброс углекислого газа, образующегося при просмотре веб-сайтов (согласно Website Carbon Calculator (<https://www.websitcarbon.com/>), при просмотре средней веб-страницы затрачивается энергия, при генерации которой выделяется 1,76 гр. углекислого газа). Технология Speedsize автоматически оптимизирует изображения и видео, что снижает потребление электроэнергии [41].

Следуя цели углеродной нейтральности экономики Японии, упомянутые выше компании сосредоточились на повышении энергоэффективности деятельности и сокращении выбросов углекислого газа. В их деятельности компаний можно увидеть использование технологий, в которых они используют свой опыт цифровизации и цифровой трансформации и распространяют его на поддержку зеленой трансформации своих клиентов.

Перед лицом нынешних глобальных вызовов от японских компаний требуются дальнейшие усилия по декарбонизации. Отказ от традиционной экономической системы, основанной на использовании традиционных источников энергии — задача не из легких, поскольку предстоит преодолеть множество трудностей, трансформировать бизнес-модели, традиционный японский менеджмент, которые существовали с момента основания компании и были драйверами их экономического роста.

Это процесс крайне важен для экономики Японии, для ее выживания и обеспечения возобновления экономического роста. Для реализации новых бизнес-моделей, менеджмента, обеспечивающих рост при одновременном сокращении загрязнения окружающей среды, необходимо гибкое, критическое мышление, ставящее под сомнение существующий порядок вещей, а также знания в области цифровых технологий. Кроме того, для Японии инициатива зеленой трансформации по переходу на возобновляемые источники энергии является жизненно важной для всех организаций и всей страны в целом.

Литература / References

1. El-Haggar S.M. Sustainable Industrial Design and Waste Management. Academic Press: Amsterdam, The Netherlands, 2007. P. 21–84.
2. Ren S., Zhang Y.F., et al. A comprehensive review of big data analytics throughout product lifecycle to support sustainable smart manufacturing: A framework, challenges and future research directions // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 210. P. 1343–1365. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618334255> (обращение 15.07.2022).
3. Roy V., Singh S. Mapping the business focus in sustainable production and consumption literature: Review and research framework // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 150. P. 224–236. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617304754> (обращение 18.07.2022).
4. Wang T., Xu H., Huang Z., et al. Five-dimension digital twin model and its ten applications // *Jisuanji Jicheng Zhizao Xitong/Computer Integrated Manufacturing Systems*. CIMS. 2019. Vol. 25. P. 1–18. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/332710511> (обращение 12.07.2022).
5. Mao S., Wang B., Tang Y. et al. Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence for Green Manufacturing in the Process Industry // *Engineering*. 2019. Vol. 5. P. 995–1002. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/> (обращение 08.07.2022).
6. Kerdlap P., Low J.S.C., Ramakrishna S. Zero waste manufacturing: A framework and review of technology, research, and implementation barriers for enabling a circular economy transition in Singapore // *Resources, Conservation and Recycling*. 2019. Vol. 151. N 104438. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/> (обращение 25.07.2022).
7. Wang S., Liang Y.C., Li W.D. et al. Big Data enabled Intelligent Immune System for energy efficient manufacturing management // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol. 195. P. 507–520. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/> (обращение 10.07.2022).
8. Xu F., Li Y., Feng L. The influence of big data system for used product management on manufacturing–remanufacturing operations // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 209. P. 782–794. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/> (обращение 25.07.2022).
9. Stolterman E., Fors A.C. Information Technology and the Good Life. 2004. – URL: <http://www8.informatik.umu.se/~acroon/> (обращение 25.06.2022).
10. Brennen J.S., Kreiss, D. Digitalization // *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy* / Ed.: Jensen K.B., Rothenbuhler E.W., Pooley J.D. et al. Chichester: Wiley-Blackwell, 2016. P. 556–566.
11. Unruh G., Kiron D. Digital Transformation On Purpose // *MIT Sloan Management Review*. 6 November 2017. – URL: <https://sloanreview.mit.edu/article/> (обращение 15.07.2022).
12. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // *The Journal of Strategic Information Systems*. 2019. Vol. 28. P. 118–144. – DOI:10.1016/j.jsis.2019.01.003.
13. Verhoef P.C., Broekhuizen T., Bart Y. et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 122. P. 889–901. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/> (обращение 12.07.2022).
14. DX 推進指標」とそのガイダンス (DX Суисин сихёу то сонно гайдансу) [Показатели продвижения DX и руководство по их применению]. METI. 2019. – URL: <https://www.meti.go.jp/press/2019/07/> (обращение 18.07.2022).
15. Kamble S.S., Gunasekaran A., Gawankar S.A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives // *Process Safety and Environmental Protection*. 2018. P. 408–425. – DOI:10.1016/j.psep.2018.05.009
16. Weersink A., Fraser E., Pannell, D. et al. Opportunities and Challenges for Big Data in Agricultural and Environmental Analysis // *Annual Review of Resource Economics*. 2018. Vol. 10. P. 19–37. – URL: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-resource-100516-053654> (обращение 26.07.2022).
17. Cheba K., Bak I., Szopik-Depczynska K. et al. Directions of green transformation of the European Union countries // *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 136. N 108601. DOI:10.1016/j.ecolind.2022.108601.
18. Berger, R. Green Growth, Green Profit: How Green Transformation Boosts Business. Palgrave Macmillan. UK. 2011.
19. Lopes de Sousa Jabbour A.B., Jabbour C.J.C. et al. Industry 4.0 and the circular economy: A proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations // *Annals of Operations Research*. 2018. 270. P. 273–286. DOI:10.1007/s10479-018-2772-8

20. Gu J., Renwick N., Xue L. The BRICS and Africa's search for green growth, clean energy and sustainable development // *Energy Policy*. 2018. V. 120. P. 675-683. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.05.028
21. Schmitz H. Green transformation. Is there a fast track? Politics of Green Transformations. Earthscan. Routledge, 2015. P. 170–184. <https://www.ids.ac.uk/download.php> (обращение 30.07.2022).
22. Amundsen H., Hermansen E. Green transformation is a boundary object: An analysis of conceptualisation of transformation in Norwegian primary industries // *Nature and Space*. 2020. – DOI: 10.1177/2514848620934337
23. Feola G. Societal transformation in response to global environmental change: a review of emerging concepts // *Ambio*. 2015. Vol. 44. P. 376–390. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007> (обращение 22.07.2022).
24. 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略。(2050年カーボンニュートラルに向けたトヨタの戦略) [Стратегия зеленого роста, связанная с углеродной нейтральностью к 2050 г.]. 2020. – URL: <https://www.meti.go.jp/press/2020/12/...> (обращение 10.07.2022).
25. Wang F.Z., Liu X.L. et al. Does digitalization promote green technology innovation in resource-based enterprises? // *Studies in Science of Science*. 2022. Vol. 40. P. 332–344. – URL: <http://www.kxxyj.com/EN/Y2022/V40/I2/332> (обращение 11.07.2022).
26. Song D.Y., Zhu W.B., Ding H. Can enterprise digitalization promote green technology innovation? // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. N 7497. – URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/12/7497> (обращение 12.07.2022).
27. Ye Z., Yang J., Zhong N. et al. Tackling environmental challenges in pollution controls using artificial intelligence: A review // *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 699. N 134279. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134279
28. Idrees Z., Zheng L.R. Low cost air pollution monitoring systems: A review of protocols and enabling technologies // *Journal of Industrial Information Integration*. 2020. Vol. 17. N 100123. – DOI: 10.1016/j.jii.2019.100123
29. Mihaita A.S., Dupont L., Chery O. et al. Evaluating air quality by combining stationary, smart mobile pollution monitoring and data-driven modeling // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 221. P. 398–418. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.02.179
30. Xue L., Zhang Q., Zhang X. et al. Can Digital Transformation Promote Green Technology Innovation? // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. N 7497. – DOI:10.3390/su14127497
31. カーボンニュートラルコンビナートの実現に向けた令和4年3月(カーボンニュートラルコンビナート)のロードマップ [На пути к реализации углеродно-нейтрального промышленного комплекса, март 2022 г.]. Карбонニュートラルコンビナート研究会 (カーボンニュートラルコンビナート) [Исследовательская группа по изучению углеродно-нейтральных комплексов]. – URL: <https://www.meti.go.jp/shingikai/>.. (обращение 25.07.2022).
32. 今年度の脱炭素戦略について令和4年度温室効果ガス排出削減等指針検討委員会第1回。(Конференция по стратегии низкоуглеродного развития на 2022 г. Руководящие принципы сокращения выбросов парниковых газов. Исследовательский комитет, 1-е заседание). 環境省。(Канкёусе). [Министерство окружающей среды Японии]. 28.06.2022. – URL: <https://www.env.go.jp/content/000044488.pdf> (обращение 30.07.2022).
33. GXリーグ基本構想(GXリーグ) [Базовая концепция Лиги GX]. 経済産業省 (Кэйзаисангё:сё) [Министерство экономики, торговли и промышленности Японии]. – URL: https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/GX-league/gx-league.html (обращение 18.07.2022).
34. GX(グリーントランスフォーメーション)の定義と企業の取り組み事例を解説(GX(Грин Трансформация) — определение и примеры инициатив компании). Amita Corp. 04.25.2022 <https://www.amita-oshiete.jp/qa/entry/015999.php>. (обращение 16.07.2022).
35. 工場の省エネ対策やCO2削減方法をご紹介 | コスト0円で始められるPPAも解説。(Косудо:эне сэ:энэ таисаку я СО2 сагун хо:хо: о го сэ:кай / косудо о эн де хадзиме рареру PPA мо кансетсу) [Внедрение мер по энергосбережению и методов сокращения выбросов СО2 на заводах. Объяснение PPA, которое можно начать с нуля иен]. 株式会社ハウスプロデュース。(Кабусикигайса хаусупродью:су) [Хаус Продакшн Лтд.]. 01.06.2022 <https://taiyoukou-secchi.com/column/kankyou/factory-reduce-co2/> (обращение 12.07.2022).
36. IOWN構想とは? その社会的背景と目的。(IOWN коусоу това? Соно сякаитеки хаикей то мокутеки). [Что такое инициатива IOWN? Его социальный контекст и цели]. NTT R&D. – <https://www.rd.ntt/iown/0001.html> (обращение 26.07.2022).

37. 石角友愛 (Исизука Юри). エネルギー×AI活用が地球を救う? (Энерги: ×AI катсуйё: га чикию: о сукуу?) [Энергетические приложения ×AI спасут планету?]. SDGs時代にエンジニアに求められる能力とは. (SDGs дзидай ни энжиниани ни мотоме рареру ноуреку това) [Какие компетенции требуются от инженеров в эпоху ЦУР?]. Career Design Center Co., Ltd. – URL: <https://type.jp/et/feature/19672/> (обращение 30.07.2022).
38. スマート空調制御システム <Smart DASH®>. (Сума:то ку:чё: сеигё сисутему «Smart DASH®»). [Интеллектуальная система управления кондиционером «Smart DASH®»]. NTT Facilities. https://www.ntt-f.co.jp/service/data_center/aco_dash/ (обращение 30.07.2022).
39. RICOH Smart MES 照明・空調制御システム. (RICOH Smart MES сё:меи ку:чё: сеигё сисутему) [RICOH Smart MES Система управления освещением и кондиционированием воздуха]. RICOH JAPAN Corp. <https://www.ricoh.co.jp/service/...> (обращение 27.07.2022).
40. ラストマイルにおける様々な課題解決をサポートするフリート最適化サービス. (Расстомайру ни окерусамазама на кадаиканкетсу о сапото суру фурито саитекика сабису) [Услуги по оптимизации автопарка для решения различных проблем на последней миле]. FUJITSU. – URL: https://www.fujitsu.com/jp/solutions/industry/logistics/... (обращение 30.07.2022).
41. メディア最適化のDXページスピード、SEO、UX、売上を向上させるECサイト向け自動最適化. (Медиа саитекика но DX пейдзисупидо, SEO, UX, урияге о кадзёсасеру ЕС саитомукедзидоусаитекика) [DX медиа оптимизации, автоматизированная оптимизация для сайтов электронной коммерции для улучшения скорости загрузки страниц, SEO, UX и продаж]. AI Gaprise Inc. – URL: <https://speedsize.gaprise.jp/lp/> (обращение 30.07.2022).