

УДК 338.28

Декарбонизация в эпоху искусственного интеллекта

Махалина Оксана Михайловна

Доктор экономических наук, профессор,
профессор кафедры «Финансы и кредит»,
Государственный университет управления,
109542, Российская Федерация, Москва, Рязанский проспект, 99;
e-mail: moxanam@mail.ru

Махалин Виктор Николаевич

Кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры «Управление проектом»,
Государственный университет управления,
109542, Российская Федерация, Москва, Рязанский проспект, 99;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Аннотация

Большинство развитых государств проявляют повышенную озабоченность к проблеме карбонизации. Это связано с постоянно увеличивающимися выбросами в атмосферу углекислого газа и глобальными изменениями климата в результате человеческой деятельности. В настоящее время, основой производства энергии являются такие ископаемые углеводородсодержащие источники, как нефть и газ и в ближайшей перспективе, нам не удастся отказаться от этих классических источников. Соответственно, экономическое развитие неизбежно влечёт за собой рост выбросов CO₂ в атмосферу и ведёт, в перспективе, к глобальным климатическим изменениям. В работе рассмотрены состояния и пути решения проблемы декарбонизации в России. Решение заключается в переходе на низко – и безуглеродные источники получения энергии, повышение энергоэффективности и активного использования искусственного интеллекта. Сформулированные рекомендации по использованию искусственного интеллекта для декарбонизации экономики позволяют ускорить переход к "чистой" энергетике и увеличить масштабы сокращения выбросов углерода за счёт вовлечения высокотехнологических секторов искусственного интеллекта. Технологические инновации, основой для которых послужит искусственный интеллект, неизбежно будут способствовать появлению и увеличению предложения новых продуктов и услуг, которые, в свою очередь, откроют новые возможности для декарбонизации, поддерживая развитие способов и технологий получения "чистой" энергии и сокращение выбросов углерода.

Для цитирования в научных исследованиях

Махалина О.М., Махалин В.Н. Декарбонизация в эпоху искусственного интеллекта // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 7А. С. 759-767.

Ключевые слова

Декарбонизация, "зелёная" энергетика, парниковые газы, низкоуглеродное развитие экономики, искусственный интеллект, геотермальная энергия, бинарные станции, тепловые насосы.

Введение

Декарбонизация — это комплекс мероприятий и процессов, направленных на снижение парниковых газов, которые образуются в процессе сжигаемого топлива и переход в производстве энергии на возобновляемые и низкоуглеродные источники (ветер, солнце, водород и т.д.) [Иктисанов, Шкруднев, 2021].

Основными, базовыми, показателями экономического развития, являются показатели, характеризующие энергетическую обеспеченность экономики и объёмы потребления энергии. Вся история человечества, связана с использованием источников, являющихся, в своей основе углеродосодержащими. Также и в настоящее время, основой производства энергии являются такие ископаемые углеродосодержащие источники, как нефть и газ и в ближайшей перспективе, нам не удастся отказаться от этих классических источников. Соответственно, экономическое развитие неизбежно влечёт за собой рост выбросов CO₂ в атмосферу и ведёт, в перспективе, к глобальным климатическим изменениям. Мировыми лидерами в этом процессе оказываются (занимаемые места объёму выбросов): Китай, США, Индия и Россия, на долю которых приходится более половины общего количества выбросов [Лебедева, 2022].

Понимая масштаб, сложность и опасность проблемы глобального потепления, с середины 1970-х годов, в рамках международного взаимодействия, осуществлялись научные исследования по изучению протекающих в атмосфере, физических процессов. По результатам проведения исследований:

- в 1994 году, вступила в действие Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК);
- в 1997 году был принят Киотский протокол, содержащий разработанные экономические механизмы взаимодействия и юридические обязательства сторон;
- в 2016 году вступило в силу Парижское соглашение.

Методы исследования

Методологическую основу статьи исследования составили данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата), данные и выводы научных статей российских и зарубежных авторов, а также статистические и отчётные материалы, опубликованные в сети Интернет. Для оценки влияния искусственного интеллекта на процессы декарбонизации, с применением методов качественного и количественного анализа, проведен анализ обобщенных показателей по соответствующим направлениям.

Декарбонизация в Российской Федерации

На основе принятых обязательств, страны-участницы, разработали и применяют различные мероприятия и инструменты ("зелёное" финансирование, технологии улавливания CO₂, карбоновые полигоны и др.). Например, в настоящее время, в мире работают 20 организаций по

внедрению технологий улавливания и, в дальнейшем, хранению углеродных выбросов [Декарбонизация- для чего нужна и как проводится, [www...](#)]. Кроме того, вводятся нормативные изменения, направленные на изменение экологичности производств и повышение их конкурентоспособности. В Российской Федерации, во исполнение обязательств, принята национальная стратегия по снижению углеродных выбросов [Документы - Правительство России. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года, [www...](#)], предполагающей два сценария экономического развития России: целевой (интенсивный) и инерционный.

Инерционный же сценарий, предполагает действия в существующей модели экономического развития, только в рамках уже принятых решений по достижению стратегических целей национального развития, без выработки и реализации дополнительных мероприятий по сокращению парниковых выбросов. С учётом использования, при этом подходе, только существующих и доступных технологических решений, низких темпах структурной трансформации экономики и замедленного темпа снижения энергоёмкости производства, а также высокими прогнозируемыми рисками экономического развития (снижения доходов бюджета, роста безработицы, увеличения временного разрыва в разработке и применении технологий с низкими показателями углеводородных выбросов и т.д.), реализация инерционного сценария, не обеспечивает достижения запланированных показателей по "углеродной нейтральности" на горизонте стратегического планирования.

Целевой (интенсивный) сценарий обеспечит устойчивый экономический рост и повышение международной конкурентоспособности Российской Федерации, за счёт выработки политики и реализации мероприятий в области налогового, ценового, финансового и технологического регулирования.

Что касается настоящего времени, то, по словам бывшего вице-премьера В.Абрамченко, по сравнению с 1990 годом, объём выбросов парниковых газов, сократился на 46,6% [Абрамченко заявила о снижении выбросов парниковых газов в РФ на 46% с 1990 года, [www...](#)]. При этом, если рассматривать структурные показатели выбросов парниковых газов по различным отраслям, то картина выглядит следующим образом [Аликберова, [www...](#)]:

- основную долю углеродного "загрязнения" вносит энергетический сектор – 67,9%
- далее следует транспортная отрасль – 15,6%;
- доля промышленности составляет 6,2%;
- сельское хозяйство – 5,7%;
- и отходы – 4,6%;

Но при этом, если сравнивать темпы роста выбросов, то автотранспортный сектор находится в лидерах, что безусловно обусловлено преобладающим ростом автопарка.

В нефтегазовом секторе, вследствие деятельности нефтяников на международном рынке и в целях минимизации дополнительного санкционного давления российские нефтегазовые организации самостоятельно разрабатывают стратегии декарбонизации с использованием ESG-критериев, добровольно внедрили в систему корпоративной отчётности разделы по устойчивому развитию и применяют различные инструменты по снижению выбросов парниковых газов: повышение энергоэффективности, учёт выбросов, создание систем по утилизации выбросов и др. По данным корпоративной отчётности, российские нефтегазовые организации, показывают рост энергоэффективности, примерно на 1,0–2,5 % в год [Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России, [www...](#)]. При этом, необходимо понимать, что не всё напрямую зависит от организаций реального сектора: необходима концентрация ресурсов и реализация инвестиционных проектов

низкоуглеродного развития, имеющих продолжительные сроки окупаемости, которая достигается в последний период реализации [Пляскина, 2023]. Кроме того, важным фактором, если не определяющим, оказывается проводимая финансовая (ключевая ставка и т.п.) и экономическая политика, поскольку даже при реализации интенсивного сценария развития экономики и выделение на цели декарбонизации до 3% ВВП проявляют себя разнонаправленные тенденции: вначале происходит экономический рост и рост ВВП, а затем, с некоторым временным лагом, инвестиционные затраты отражаются в ценах на получаемую энергию и снижают темпы экономического роста ["Экономический путь к декарбонизации" - ИПП РАН, [www...](#)].

Поэтому стратегия низкоуглеродного развития предполагает выработку комплекса компромиссов между необходимостью выполнения международных обязательств по снижению вредных выбросов, обеспечением внутреннего экономического роста и позицией делового сообщества.

Искусственный интеллект в процессе декарбонизации

Рассмотрим особенности декарбонизации экономики в эпоху искусственного интеллекта с учётом вызовов развития "чистой" энергетики и перспектив сокращения выбросов углерода с использованием роботов, больших данных, Интернета вещей и искусственного интеллекта.

Эпоха искусственного интеллекта, связанная со стремлением к тотальной цифровизации и автоматизации, как открывает высокотехнологичные возможности для энергосбережения, так и в тоже время, создаёт повышенные риски изменения климата. Это противоречие заключается в том, что развитие и применение технологий искусственного интеллекта требует для себя колоссального энергетического обеспечения, но, в настоящее время, только "зелёные" технологии не в состоянии обеспечить требуемый уровень потребления, невзирая на энергосберегающие технологии [Ворожейкина, 2022]. То есть, декарбонизация, с одной стороны, выступает как катализатор долгосрочного устойчивого развития и одновременно выступает препятствием экономического роста, с другой стороны. Тем не менее, осуществляемая цифровизация экономики на основе цифровых платформ, которым требуется механизм сбора и обработки данных, неизбежно будет формировать экономику искусственного интеллекта, который будет в состоянии решать эти проблемы [Цифровые платформы и искусственный интеллект сформируют экономику данных к 2030 г., [www...](#)]. И здесь возникают неопределённости перспектив по достижению декарбонизации экономики в эпоху искусственного интеллекта. Возникшую проблему поможет решить экономика искусственного интеллекта, которая позволяет эффективно воспользоваться технологическими возможностями, созданными новым технологическим укладом (Индустрия 4.0).

Сокращение выбросов углерода и декарбонизация экономики при одновременном избегании или купировании, энергетического кризиса (нехватка энергии) могут быть достигнуты за счёт таких составляющих Индустрии 4.0, как: Большие данные (Big data), Интернет вещей (IoT) и искусственного интеллекта (AI). Технологии искусственного интеллекта, помогают, а зачастую самостоятельно, с помощью нейросетей и обработки данных, начинают трансформировать технологии "зелёной" экономики, повышая их надёжность и эффективность.

Например, что касается автоматизации и роботизации производства, то для экономики искусственного интеллекта, в настоящее время, именно фактор роботизации представляет серьёзную проблему для "чистой" энергетики и декарбонизации экономики. Выявленная

проблема состоит в следующем:

- по мере возрастания доли роботизированных производств, существенно увеличиваются выбросы CO₂ и уменьшается доля возобновляемых источников энергии в общем объеме производства первичной энергии [Ворожейкина, 2022];
- применение "умных" технологий, может нести в себе как прямые, так и скрытые угрозы для окружающей среды [Товсултанов, Товсултанова, 2023];
- развитие Интернет вещей и распространение Больших данных открывают новые возможности декарбонизации, которые необходимо использовать для смягчения и компенсации негативного воздействия применения роботов на энергетику и окружающую среду.

Цифровизация и повсеместное применение искусственного интеллекта представляют возможности для декарбонизации в большей степени, чем это увеличивает энергетические и экологические риски, поскольку даже процессы роботизации развиваются более медленными темпами, чем происходит развитие "чистой" энергетики и сокращение выбросов парниковых газов. Причём, по мнению П.Опенгеймера, мировая экономика стоит на пороге нового экономического "суперцикла", с устойчивым ростом ВВП и сопутствующих показателей и в основе которого будет лежать искусственный интеллект и процессы декарбонизации экономики [Новый экономический суперцикл: искусственный интеллект и декарбонизация стимулируют рост, [www...](#)].

Влияние искусственного интеллекта на "зелёные" технологии

Отдельно можно рассмотреть влияние технологий искусственного интеллекта на различные направления использования возобновляемых источников производства первичной энергии (ветер, солнце, морские приливы и т.п.).

Геотермальная энергия – энергия, получаемая при использовании естественного внутреннего тепла планеты [Зачем нам геотермальные станции — и что это вообще такое, [www...](#)]. По многим оценкам, считается наиболее перспективным при замене углеводородного топлива, поскольку использует практически неисчерпаемый ресурс и является наиболее "дружелюбной" к окружающей среде, практически не вырабатывают парниковых газов, даже по сравнению с энергией ветра и солнца.

Технология геотермальной энергетики предусматривает строительство геотермальных бинарных станций и массовое применение тепловых станций. Принцип работы бинарных станций - получение электрической энергии от воды с температурой менее 100 градусов Цельсия, при этом используется два контура. По одному идёт геотермальная вода. А через теплообменник есть второй контур, в котором обращается фреон. Газ при такой температуре испаряется и вращает фреоновую турбину, которая вырабатывает электрическую энергию. Советский союз был первопроходцем в исследованиях использования геотермальной энергии, но сегодня, мировыми лидерами по использованию геотермальной энергии, являются США, Индонезия, Филиппины и Турция, на долю которых приходится 0,34% мирового производства электроэнергии [Гутьеррес-Негрин, 2024]. Существуют более продвинутые проекты геотермальных электростанций, так называемые бинарные, но, в настоящее время, в России, нет ни одной бинарной станции. А в мире их около двух тысяч.

Тепловые насосы также предполагают извлечение энергии из глубинных сухих пород Земли. Насос, через одну скважину, забирает тепло из грунта (на глубине температура достигает 350 градусов Цельсия) и с помощью компрессора преобразует его в носитель с гораздо более

высокой температурой поступает в турбину. Отработанная вода направляется во вторую скважину или, собственно, в систему отопления. В случае с геотермальной энергетикой, наибольшие затраты идут на строительство и техническое обслуживание и искусственный интеллект, например, может существенным образом повлиять на снижение затрат, анализируя космические снимки, географические и геологические материалы при выборе места постройки электростанции.

Кроме того, технология получения геотермальной энергии позволяет извлечь ценные вещества, содержащиеся в геотермальной воде. Например, в водах Дагестана содержится много дорогостоящего лития. Одного Тормовского месторождения хватит, чтобы покрыть все потребности России в литии.

Использование ветровой энергии, предполагает строительство и эксплуатацию ветровых турбин, требующих достаточно дорогостоящих и трудоёмких операций по контролю технического состояния. И здесь искусственный интеллект может значительно упростить процесс контроля.

Что касается солнечных панелей, то и здесь технологии искусственного интеллекта, будут принимать непосредственное участие в выборе мест расположения "солнечных ферм", постоянном контроле положения панелей, их состояния, и т.д., вплоть до оптимизации нагрузки в зависимости от погодных условий.

Кроме того, искусственный интеллект, сможет с высокой точностью оценить негативное воздействие предполагаемого размещения объекта инфраструктуры на окружающую среду, а также потенциальные риски и сделать процесс выбора способа производства и площадки под размещение объекта энергетики более оптимальным.

Заключение

Постоянный рост энергопотребления, ограниченность невозобновляемых запасов углерода и проблемы с экологией, стимулирует всё более активное использование возобновляемых и нетрадиционных источников энергии, но процесс перехода к выработке энергии полностью на основе "зелёных технологий, как минимум в среднесрочной перспективе, невозможен, вследствие возникающих проблем. Кроме того, необходимо:

- возобновить и провести дополнительные уточняющие исследования структуры выделяемых парниковых газов: углерод, выделяющийся от сжигания нефтепродуктов и вулканической деятельности, отличается от углекислоты, получаемой от биохимического разложения и соответственно, необходимо принимать во внимание не полностью реализованный потенциал использования низкоуглеродных технологий;

- более детально и внимательно рассмотреть и определиться с практическим использованием результатов научной деятельности и практических работ российских учёных, в частности, академика РАН Д.С. Стребкова (беспроводной передачи энергии, повышение КПД солнечных элементов и др.) и В.С. Леонова (бестопливный двигатель) [Иктисанов, Шкруднев, 2021];

Технологические инновации, основой для которых послужит искусственный интеллект, неизбежно будут способствовать появлению и увеличению предложения новых продуктов и услуг, которые, в свою очередь, откроют новые возможности для декарбонизации, поддерживая развитие "чистой" энергетики и сокращение выбросов углерода. Но для этого следует обязательно увязать предполагаемые результаты с документами в области стратегического развития экономики, то есть с документами, направляющими и определяющими социально-экономическое развитие нашей страны.

Библиография

1. Иктисанов В., Шкруднев Ф. Декарбонизация: взгляд со стороны // Энергетическая политика. - №8 (162). – 2021. – С.42-51 DOI 10.46920/2409-5516_2021_8162,42
2. Лебедева М.А. (2022). Проблемы декарбонизации экономики России // Проблемы развития территории. Т. 26. № 2. С. 57–72. DOI: 10.15838/ptd.2022.1.118.5
3. Сафонов Г.В., Козельцев М.Л., Стеценко А.В., Дорина А.Л., Сафонова Ю.А., Семакина А.А., Сизонов А.Г., Сафонов М.Г. Перспективы декарбонизации мировой экономики в контексте реализации Парижского климатического соглашения ООН // Вестник международных организаций. 2022. Т. 17. № 4. С. 38–61 (на русском и английском языках). doi:10.17323/1996-7845-2022-04-02
4. Аликберова Т.Т. Адаптация транспортного сектора к процессам декарбонизации в России / Т.Т. Аликберова, И.С. Белик, Н.В. Стародубец // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — №8 (134) . — URL: <https://research-journal.org/archive/8-134-2023-august/10.23670/IRJ.2023.134.65> (дата обращения: 09.08.2024). — DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.65
5. Пляскина Н.И. Эффективность инвестиционных проектов нефтегазовых компаний в условиях декарбонизации // Проблемы прогнозирования. – 2023. - №5. – С.59-69 DOI: 10.47711/0868-6351-200-59-69
6. Ворожейкина Т.М. Вызовы и перспективы декарбонизации эпохи в эпоху искусственного интеллекта // Front. Environ. Sci., Раздел Экономика окружающей среды и менеджмент. - Том 10 – 2022 Frontiers | Challenges and prospects of decarbonization of the economy in the age of AI <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.952821/full>
7. Товсултанов Р. А., Товсултанова М. III. Аспект становления экономики природопользования в эпоху искусственного интеллекта в контексте устойчивого развития // Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. – 2023. – № 3. – С. 98-104. https://doi.org/10.47576/2411-9520_2023_3_98.
8. Гутьеррес-Негрин, Лос-Анджелес: Эволюция мировой геотермальной энергетики в 2020-2023 годах. *Геотермальная энергетика* 12, 14 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40517-024-00290-w>
9. Декарбонизация- для чего нужна и как проводится. <https://vsdelke.ru/raznoe/dekarbonizaciya.html> (дата обращения 09.08.24)
10. Документы - Правительство России. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года <http://government.ru/docs/43708/> (дата обращения 09.08.24)
11. Абрамченко заявила о снижении выбросов парниковых газов в РФ на 46% с 1990 года. <https://www.interfax.ru/russia/903359> (дата обращения 09.08.24)
12. Декарбонизация нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf (дата обращения 05.08.24)
13. "Экономический путь к декарбонизации" - ИНИП РАН <https://ecfor.ru/publication/dekarbonizatsiya-i-povyshenie-energoeffektivnosti-rossijskoj-ekonomiki/> (дата обращения 09.08.24)
14. Цифровые платформы и искусственный интеллект сформируют экономику данных к 2030 г. | ComNews <https://www.comnews.ru/content/233642/2024-06-10/2024-w24/1008/cifrovye-platformy-i-iskusstvennyy-intellekt-sformiruyut-ekonomiku-dannykh-k-2030-g> (дата обращения 05.07.24)
15. Новый экономический суперцикл: искусственный интеллект и декарбонизация стимулируют рост <https://www.cryptopolitan.com/ru/ии-и-декарбонизация-стимулируют-рост/> (дата обращения 11.07.24)
16. Зачем нам геотермальные станции — и что это вообще такое <https://achbd.media/a/geothermal-projects> (дата обращения 01.07.24)

Decarbonization in the age of artificial intelligence

Oksana M. Makhalina

Doctor of Economics, Professor,
Professor the Department of Finance and Credit,
State University of Management,
109542, 99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation;
e-mail: moxanam@mail.ru

Viktor N. Makhalin

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Project Management,
State University of Management,
109542, 99, Ryazansky Prospekt, Moscow, Russian Federation;
e-mail: mahalinviktor@mail.ru

Abstract

Most developed countries are showing increased concern about the problem of carbonization. This is due to constantly increasing emissions of carbon dioxide into the atmosphere and global climate change as a result of human activity. Currently, the basis of energy production is such fossil carbon-containing sources as oil and gas, and in the near future, we will not be able to abandon these classical sources. Accordingly, economic development inevitably entails an increase in CO₂ emissions into the atmosphere and leads, in the future, to global climate change. The work examines the status and ways of solving the problem of decarbonization in Russia. The solution lies in the transition to low- and carbon-free energy sources, increasing energy efficiency and the active use of artificial intelligence. The recommendations formulated for the use of artificial intelligence for the decarbonization of the economy make it possible to accelerate the transition to "clean" energy and increase the scale of carbon emission reductions through the involvement of high-tech artificial intelligence sectors. Technological innovation, driven by artificial intelligence, will inevitably drive the emergence and expansion of new products and services, which in turn will open up new opportunities for decarbonization, supporting the development of clean energy technologies and technologies and the reduction of carbon emissions.

For citation

Makhalina O.M., Makhalin V.N. (2024) Dekarbonizatsiya v epokhu iskusstvennogo intellekta [Decarbonization in the age of artificial intelligence]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (7A), pp. 759-767.

Keywords

Decarbonization, green energy, greenhouse gases, low-carbon economic development, artificial intelligence, geothermal energy, binary stations, heat pumps.

References

1. Iktisanov V., Shkrudnev F. Decarbonization: an outside view // *Energy policy*. - №8 (162). – 2021. – Pp.42-51 DOI 10.46920/2409-5516_2021_8162,42
2. Lebedeva M.A. (2022). Problems of decarbonization of the Russian economy // *Problems of territorial development*. Vol. 26. No. 2. pp. 57-72. DOI: 10.15838/ptd.2022.1.118.5
3. Safonov G.V., Kozeltsev M.L., Stetsenko A.V., Dorina A.L., Safonova Yu.A., Semakina A.A., Sizonov A.G., Safonov M.G. Prospects of decarbonization of the world economy in the context of the implementation of the UN Paris Climate Agreement // *Bulletin of International Organizations*. 2022. Vol. 17. No. 4. pp. 38-61 (in Russian and English). doi:10.17323/1996-7845-2022-04-02
4. Alikberova T.T. Adaptation of the transport sector to decarbonization processes in Russia / T.T. Alikberova, I.S. Belik, N.V. Starodubets // *International Scientific Research Journal*. — 2023. — №8 (134) . — URL: <https://research-journal.org/archive/8-134-2023-august/10.23670/IRJ.2023.134.65> (date of request: 08/09/2024). — DOI: 10.23670/IRJ.2023.134.65
5. Plyaskina N.I. The effectiveness of investment projects of oil and gas companies in the context of decarbonization //

- Problems of forecasting. – 2023. – No.5. – pp.59-69 DOI: 10.47711/0868-6351-200-59-69
6. Vorozheikina T.M. Challenges and prospects of decarbonization of the era in the era of artificial intelligence // *Front. Environ. Sci., Section Environmental Economics and Management*. - Volume 10 – 2022 *Frontiers | Challenges and prospects of decarbonization of the economy in the age of AI* <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.952821/full>
 7. Tovsultanov R. A., Tovsultanova M. Sh. The aspect of the formation of environmental economics in the era of artificial intelligence in the context of sustainable development // *Innovative economy: information, analytics, forecasts*. - 2023. – No. 3. – pp. 98-104. https://doi.org/10.47576/2411-9520_2023_3_98 .
 8. Gutierrez-Negrin, Los Angeles: The Evolution of global geothermal energy in 2020-2023. *Geothermal energy* 12, 14 (2024). <https://doi.org/10.1186/s40517-024-00290-w>
 9. Decarbonization- what is needed and how it is carried out. <https://vsdelke.ru/raznoe/dekarbonizaciya.html> (accessed 08/09/24)
 10. The documents are from the Russian Government. The strategy of socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050 <http://government.ru/docs/43708/> (accessed 08/09/24)
 11. Abramchenko announced a 46% reduction in greenhouse gas emissions in the Russian Federation since 1990. <https://www.interfax.ru/russia/903359> (accessed 08/09/24)
 12. Decarbonization of the oil and gas industry: international experience and priorities of Russia. https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf (accessed 05.08.24)
 13. "The economic path to decarbonization" - INP RAS <https://ecfor.ru/publication/dekarbonizatsiya-i-povyshenie-energoeffektivnosti-rossijskoj-ekonomiki/> (accessed 08/09/24)
 14. Digital platforms and artificial intelligence will shape the data economy by 2030 | ComNews <https://www.comnews.ru/content/233642/2024-06-10/2024-w24/1008/cifrovye-platformy-i-iskusstvennyy-intellekt-sformiruyut-ekonomiku-dannykh-k-2030-g> (accessed 05.07.24)
 15. New Economic Super cycle: Artificial intelligence and decarbonization drive growth <https://www.cryptopolitan.com/ru/ии-и-декарбонизация-стимулируют-рост/> (date of access 11.07.24)
 16. Why do we need geothermal plants — and what is it anyway <https://achbd.media/a/geothermal-projects> (accessed 01.07.24)