

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ESG-КРИТЕРИЯМ

Газизянов А.И., Казанский национальный исследовательский технологический университет

Пшиченко Д.В., Высшая школа бизнеса НИУ ВШЭ

Ульянкина И.В., Московский государственный институт международных отношений МИД РФ

Благова И.Ю., Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Аннотация: В статье анализируется, как ИИ способствует улучшению мониторинга выбросов, оптимизации использования ресурсов и предсказанию экологических рисков. Изучаются возможности использования ИИ для автоматизации и повышения точности получаемых данных об экологической деятельности компаний. Применение ИИ помогает снизить углеродный след, повысить энергоэффективность, что делает его важным инструментом для достижения целей устойчивого развития (УР). В результате компании могут эффективно соблюдать международные экологические стандарты.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экологическая адаптация, ESG-критерии, мониторинг выбросов, энергоэффективность, устойчивое развитие, автоматизация отчетности.

Научная специальность публикации: 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика.

Abstract: The article analyzes how AI contributes to improving emission monitoring, optimizing resource use, and predicting environmental risks. The study examines the potential of AI to automate and enhance the accuracy of data on companies' environmental performance. The use of AI helps reduce carbon footprints, improve energy efficiency, making it a critical tool for achieving sustainable development (SD) goals. It enables companies to effectively comply with international environmental standards.

Keywords: artificial intelligence, environmental adaptation, ESG, emission monitoring, energy efficiency, sustainable development, reporting automation.

Введение. В условиях текущей глобальной климатической повестки и растущего внимания к устойчивому развитию (УР), концепция ESG (Environmental, Social, Governance) стала основополагающим стандартом для оценки деятельности организаций. ESG-критерии позволяют учитывать не только финансовые показатели компании, но и ее воздействие на окружающую среду (ОС), уровень социальной ответственности и прозрачность управленческих процессов, что является важным инструментом долгосрочного УР.

Одним из важнейших факторов, способствующих реализации ESG-стратегий, является искусственный интеллект (ИИ). Внедрение ИИ в процессы управления экологическими аспектами предприятий открывает новые возможности для улучшения мониторинга, анализа и управления природоохранной деятельностью. Технологии ИИ позволяют автоматизировать сложные процессы, такие как контроль выбросов, оптимизация использования ресурсов и предсказание экологических кризисов, что способствует снижению негативного влияния на ОС и повышению эффективности производства.

Целью данной статьи является исследование роли ИИ в экологической адаптации предприятий на основе ESG-критериев. В работе рассматриваются как

теоретические основы использования ИИ в экологическом управлении, так и практические примеры его внедрения в промышленности.

Интеграция ESG-критериев в корпоративное управление.

Внедрение в практику оценки деятельности предприятий ESG-критериев признано на международном уровне как важный элемент достижения целей устойчивого развития (ЦУР), закрепленных ООН в 2015 году в рамках Повестки дня в области УР на период до 2030 года [1].

Экологическая составляющая ESG направлена на снижение негативного воздействия на ОС. Критерии по экологии включают в себя такие аспекты, как контроль уровня декарбонизации, управление отходами, энергоэффективность, использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Например, глобальная цель по климатическим изменениям, установленная в рамках ЦУР, стремится к ограничению повышения глобальной температуры на 1,5°C, что требует значительных усилий со стороны промышленных компаний по снижению выбросов CO₂ [2]. Важно отметить, что согласно отчету ООН за 2024 год, только 17% показателей ЦУР имеют достаточный прогресс для достижения планируемых значений к 2030 году (рис.1).



Рисунок 1 - Общий прогресс в достижении показателей ЦУР на основе глобальных данных за 2015-2024 гг

Такие данные подчеркивают необходимость ускорения действий по реализации ЦУР на всех уровнях – как на государственном, так и на корпоративном.

Социальные аспекты ESG связаны с ответственностью предприятий перед обществом. В том числе они включают охрану здоровья и безопасности сотрудников, обеспечение справедливых условий труда, поддержку местных сообществ и соблюдение прав человека.



Рисунок 2 - Доля времени, затрачиваемого на неоплачиваемую домашнюю работу и уход за детьми, 2000-2022 годы, %

При изучении рисунка 2 становится очевидно, что по всему миру женщины сталкиваются с тем, что после ведения основной рабочей деятельности они продолжают работать по дому и ухаживать за семьей. Такое непропорциональное распределение обязанностей особенно остро ощущается в домохозяйствах с низким уровнем дохода, что усиливает социально-экономическое гендерное неравенство. Внедрение современных технологий, включая автоматизацию домашних процессов и цифровизацию рабочих мест, может значительно увеличить количество свободного времени у женщин, предоставляя им больше возможностей для профессионального развития и карьерного роста.

Управленческие аспекты ESG связаны с корпоративным управлением, которое охватывает вопросы прозрачности, подотчетности и этики в деятельности компаний. Это публичность структуры совета директоров, соблюдение прав акционеров, своевременное управление рисками, развитая антикоррупционная политика и обеспечение соответствия деятельности фирмы законодательным требованиям [3]. Компании, принявшие на себя обязательства по соблюдению ESG-критериев, обязаны ежегодно представлять специальные отчеты, в которых раскрываются экологические, социальные и управленческие аспекты их деятельности. Это позволяет заинтересованным сторонам оценивать соответствие организаций международным стандартам УР и отслеживать их прогресс в реализации ESG-стратегий.

Технологии ИИ в экологической адаптации.

Экологическая адаптация компаний, ориентированная на минимизацию негативного влияния на ОС и соответствие принципам УР, представляет собой одну из ключевых задач современного корпоративного управления.

Интеграция технологий ИИ в этот процесс предоставляет значительные возможности для повышения эффективности, точности и скорости принятия реше-

Социальные корпоративные инициативы обычно нацелены на повышение разнообразия и инклюзии, что способствует созданию более справедливого распределения рабочих мест. Согласно недавнему отчету ООН, гендерное равенство, представленное в ЦУР 5, остается важным элементом ESG-стратегий (рис.2).

ИИ помогает не только выявлять источники загрязнения и анализировать экологические риски, но и оптимизировать процессы управления ресурсами и выбросами, что существенно влияет на способность компаний соблюдать экологические стандарты и снижать углеродный след (таблица 1).

Использование технологий ИИ в процессе экологической адаптации предприятий открывает для них новые перспективы для повышения эффективности и минимизации экологического воздействия, а осуществлять эти процессы становится возможным в реальном времени с высокой степенью точности. Это значительно способствует повышению общей устойчивости бизнеса.

Применение ИИ для мониторинга экологических показателей.

В условиях усиленного внимания к соблюдению ESG-повестки автоматизация процессов сбора и анализа данных становится важным инструментом, позволяющим компаниям адаптироваться к требованиям бизнес-среды. ИИ способен эффективно обрабатывать большие объемы данных, поступающие из различных источников, таких как сенсоры, спутниковые изображения, и мониторинговые системы, что значительно улучшает контроль показателей, такими как выбросы парниковых газов, качество воды и воздуха, использование энергии и управление отходами (рис.3).

Эффективное управление природными ресурсами является важнейшим аспектом экологической адаптации предприятий. По данным ООН, с 2020 по 2022 годы прямые экономические потери от природных катастроф превысили 115 млрд долларов ежегодно, что подчеркивает необходимость внедрения более эффективных методов прогнозирования экологических рисков.

Таблица 1 - Способы применения ИИ в экологической адаптации [5, 6]

| Направление | Описание | Примеры применения |
|-----------------------------------|---|---|
| Анализ воздействия на ОС | Анализа данных о выбросах, потреблении энергии, воздействии на экосистемы алгоритмами ИИ. | Модели предсказания влияния производственных процессов на климатические условия и экосистемы. |
| Предсказание экологических рисков | Построение моделей для оценки потенциальных экологических рисков. | Прогнозирование последствий выбросов, оценка изменения климата в конкретных регионах. |
| Управление выбросами | Регулярный мониторинг выбросов вредных веществ, автоматическая коррекция рабочих процессов. | Оптимизация процессов сжигания топлива для снижения выбросов CO ₂ и других загрязняющих веществ. |
| Переработка отходов | Анализ состава отходов и выбор оптимальных методов их переработки. | Оптимизация переработки промышленных отходов, снижение их объемов. |
| Повышение энергоэффективности | Прогнозирование спроса на энергию и оптимизация ее распределения. | Внедрение систем «умного управления» ресурсами для снижения затрат на энергию и воду. |
| Мониторинг состояния оборудования | Прогнозирование поломок и износа оборудования на основе данных о его эксплуатации. | Снижение затрат на обслуживание и продление срока службы механизмов. |



Рисунок 3 - Схема мониторинга ОС

Одним из примеров системы мониторинга природных катастроф, активно использующей ИИ, является NOAA's National Water Model (NWM). Она разработана Национальным управлением океанических и атмос-

ферных исследований (NOAA) США и предназначена для прогнозирования наводнений и управления водными ресурсами (рис.4).



Рисунок 4 - Прогноз уровня воды в реке Анклот (Флорида, США)

National Water Model использует методы машинного обучения (МО) и обработки больших данных для

анализа значительного объема информации, включая данные об осадках, уровнях рек и влажности поч-

вы [7]. Система предоставляет высокоточную информацию в режиме реального времени и предсказания на несколько дней вперед, что помогает минимизировать последствия наводнений, например своевременно эвакуировать людей, животных и технику.

Другое направление использования ИИ для экологической адаптации предприятия по ESG-критериям – автоматизация отчетности. Это позволяет существенно снизить затраты на ручной сбор данных и минимизировать вероятность возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором. Такая автоматизация особенно актуальна в контексте реализации ЦУР ООН, которые обязывают компании регулярно предоставлять данные об экологических аспектах своей деятельности [8].

Внедрение ИИ в промышленные процессы.

Российские и зарубежные компании используют ИИ для повышения эффективности, снижения экологического воздействия и соответствия ESG-критериям. ExxonMobil, одна из крупнейших мировых энергетических компаний, активно внедряет ИИ в свои производственные процессы для повышения эффективности использования ресурсов и декарбонизации. Используя алгоритмы МО и системы обработки больших данных, компания управляет нефтеперерабатывающими заводами, а также процессами добычи нефти и газа, оптимизируя энергопотребление в режиме реального времени [9]. Согласно отчету компании за 2023 год, расходы ExxonMobil на охрану ОС ежегодно увеличиваются, но при этом сумма, потраченная на экологические штрафы и взаиморасчеты составляет менее 0,001 млрд долларов в год (рис.5).

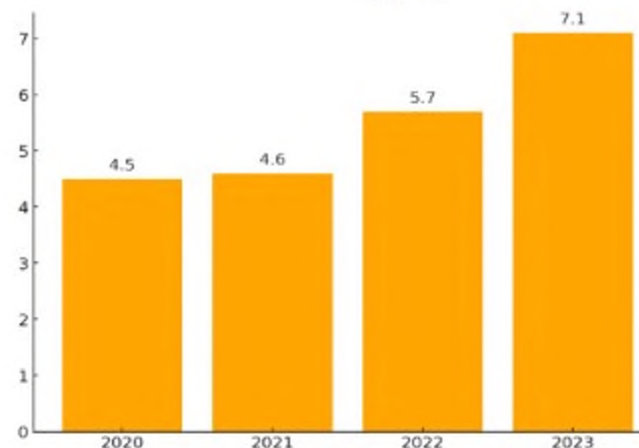


Рисунок 5 - Расходы ExxonMobil на охрану ОС, млрд долларов

К 2030 году ExxonMobil планирует сократить выбросы парниковых газов на 50 млн тонн в год за счет внедрения технологий улавливания и хранения углерода (CCS) и использования ИИ для управления энергетическими процессами. Для предсказания потребностей в обслуживании оборудования компания использует прогностические модели на основе ИИ. Они помогают предотвращать поломки и аварийные выбросы и снижать затраты на ремонт на 15-20%. Эти меры не только улучшают экологические показатели ExxonMobil, но и повышают экономическую эффективность ее работы. Так с 2019 по 2023 год количество случаев разливов углеводородов (не с морских судов) сократилось с 309 до 159.

Энергетическая компания General Electric (GE) активно внедряет ИИ для повышения эффективности своих промышленных процессов, особенно в области возобновляемой энергетики и управления электросетями. Одним из направлений компании является оптимизация управления ветряными электростанциями. Например, в подразделении Onshore Wind GE эксплуатируется более 55 000 турбин по всему миру, причем половина из них обслуживается с использованием ИИ [10].

Важную роль ИИ выполняет также в сегменте Offshore Wind, где в 2023 году были установлены турбины Haliade-X мощностью 13 МВт для офшорных ветроэлектростанций на восточном побережье США. Это способствует значительному снижению затрат на производство энергии и повышению конку-

рентоспособности американской офшорной ветроэнергетики.

Еще одно инновационное решение, которое помогает компании GE соответствовать ESG-критериям – внедрение платформы PowerUp. Это настраиваемая система, созданная для увеличения годовой выработки энергии (AEP) ветряных электростанций до 10% [11]. Платформа использует возможности больших данных и анализирует историю работы каждого актива с учетом его конфигурации, производительности и условий эксплуатации. В процессе анализа система выявляет потенциальные способы повышения эффективности производства энергии, которые могут быть использованы для оптимизации работы турбин (рис.6).

Платформа может обеспечить точную и индивидуальную настройку работы турбин, что значительно повышает годовую выработку энергии.

Среди российских компаний одним из лидеров реализации ESG-критериев является ПАО «Газпром». Одним из ключевых направлений цифровой трансформации является платформа «Газпром.Цифра.Искусственный интеллект», которая используется для прогнозирования, анализа и управления различными аспектами добычи, транспортировки и переработки углеводородов [12]. С помощью ИИ анализируются большие массивы данных, что позволяет улучшать процессы обслуживания оборудования и снижать риски поломок, что, в свою очередь, минимизирует простои.

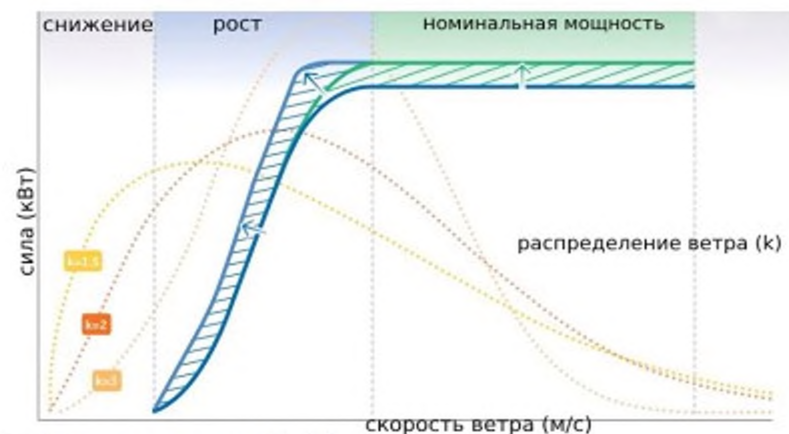


Рисунок 6 - Кривая производительности PowerUp

В 2023 году компания продолжала развивать инновационные технологии и увеличивать инвестиции в цифровизацию. Например, использование ИИ в управлении газопроводами позволило на 8% сократить выбросы метана, что является важной частью экологической стратегии компании. Кроме того, платформа ИИ помогает снижать эксплуатационные расходы и повышать общую производительность за счет оптимизации процессов добычи газа и нефти [13, 14].

Заключение. Применение ИИ в экологической адаптации предприятий по ESG-критериям представляет собой важный шаг в улучшении устойчивости бизнеса и снижении его негативного воздействия на ОС. Интеграция ИИ позволяет автоматизировать многие процессы мониторинга выбросов, управления энергопотреблением и переработки отходов, что способствует снижению углеродного следа и повышению

энергоэффективности. Технологии ИИ могут улучшить прогнозирование экологических рисков и оптимизировать использование ресурсов, что повышает экологическую устойчивость предприятий и их соответствие международным экологическим стандартам.

Кроме того, применение технологий МО и обработки больших данных позволяет оперативно собирать и анализировать информацию о воздействии деятельности компании на ОС. А уже это играет важную роль в обеспечении прозрачной и точной отчетности по экологическим показателям, что может быть полезно при расчете публичных рейтингов, размещении акций компании на бирже и в других целях.

Благодарности. Исследование не имело спонсорской поддержки. Все авторы внесли равный вклад в написание настоящей статьи. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

1. Головкин М. В., Анцибор А. В., Рогачева Ж. С. ESG-критерии инвестиций – «зеленый свет» новым трендам устойчивого развития // Безопасность ядерной энергетики. – 2023. – С. 71-74.
2. Bose S., Khan H. Z., Bakshi S. Determinants and consequences of sustainable development goals disclosure: International evidence // Journal of Cleaner Production. – 2024. – V. 434. – P. 140021.
3. Константинов Д. С., Соловьев К. А., Газизянов А. И., Сазонов А. И. Внедрение экологических практик в бизнес-стратегии: анализ моделей устойчивого менеджмента // Первый экономический журнал. – 2024. – № 7(349). – С. 133-141.
4. Абдуллина Л., Романишина Т., Бобовникова А., Смирнов В., Никитина Д., Блинов А. Актуальные векторы трансформации российского бизнеса в русле «Стратегии устойчивого развития» (ESG) // Общество и экономика. – 2023. – № 7. – С. 71-82.
5. Карлибаева Р. Х., Апсильям Н. М., Яхшибоев Р. Э. Экономический потенциал и перспективы использования технологий искусственного интеллекта в современных корпоративных стратегиях // Innovations in Science and Technologies. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 121-135.
6. Shang Y., Zhou S., Zhuang D., Zywiolok J., Dincer H. The impact of artificial intelligence application on enterprise environmental performance: Evidence from microenterprises // Gondwana Research. – 2024. – V. 131. – P. 181-195.
7. Cosgrove B., Gochis D., Flowers T., Dugger A., Ogden F., Graziano T., Clark E., Cabell R., Casiday N., Cui Z., Eicher, K. NOAA's National Water Model: Advancing operational hydrology through continental-scale modeling // JAWRA Journal of the American Water Resources Association. – 2024. – V. 60. – №. 2. – P. 247-272.
8. Abdullina L., Bobovnikova A., Zrazhevskiy A. ESG-factors and CSR-strategy impact on the investment attractiveness of USA companies // Proceedings of the XLIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. – 2023.
9. Papazian M. V., Westphal C. M. ESG Transitioning: The Politics of Climate Change // Bus. L. Rev. – 2024. – V. 55. – P. 23.
10. Kandpal V., Jaswal A., Santibanez Gonzalez E. D., Agarwal N. Sustainable Energy Transition, Circular Economy, and ESG Practices // Sustainable Energy Transition: Circular Economy and Sustainable Financing for Environmental, Social and Governance (ESG) Practices. – Cham: Springer Nature Switzerland. – 2024. – P. 1-51.
11. Mahfouz M. Y., Lozon E., Hall M., Cheng P. W. Dynamic performance of a passively self-adjusting floating wind farm layout to increase the annual energy production // Wind Energy Science. – 2024. – V. 9. – №. 7. – P. 1595-1615.

12. Крапивкин Е. А. Экономические выгоды интеграции принципов ESG в российскую экономику: анализ успешных кейсов // Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции «Россия и мир». – 2024. – С. 370.
13. Ткаченко И. Н., Савченко Я. В. Научный обзор методов и инструментария исследования и оценивания ESG-трансформации в бизнесе // Экономика Профессия Бизнес. – 2024. – №. 3. – С. 123-132.
14. Измайлова М. А. Реализация ESG-повестки инструментами цифровой экономики: состояние и перспективы развития // Ars Administrandi (Искусство управления). – 2024. – С. 413-435.

References

1. Golovko M. V., Ancibor A. V., Rogacheva ZH. S. ESG-kriterii investitsiy – «zelenyj svet» novym trendam ustojchivogo razvitiya // Bezopasnost yadernoj energetiki. – 2023. – S. 71-74.
2. Bose S., Khan H. Z., Bakshi S. Determinants and consequences of sustainable development goals disclosure: International evidence // Journal of Cleaner Production. – 2024. – V. 434. – P. 140021.
3. Konstantinov D. S., Solovjev K. A., Gazizyanov A. I., Sazonov A. I. Vnedrenie ekologicheskikh praktik v biznes-strategii: analiz modelej ustojchivogo menedzhmenta // Pervyj ekonomicheskij zhurnal. – 2024. – № 7(349). – S. 133-141.
4. Abdullina L., Romanishina T., Bobovnikova A., Smirnov V., Nikitina D., Blinov A. Aktualnye vektory transformatsii rossijskogo biznesa v rusle «Strategii ustojchivogo razvitiya» (ESG) // Obshchestvo i ekonomika. – 2023. – №7. – S. 71-82.
5. Karlibaeva R. H., Apsilyam N. M., YAshiboev R. E. Ekonomicheskij potencial i perspektivy ispolzovaniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v sovremennykh korporativnykh strategiyah // Innovations in Science and Technologies. – 2024. – T. 1. – №. 1. – S. 121-135.
6. Shang Y., Zhou S., Zhuang D., Zywiolok J., Dincer H. The impact of artificial intelligence application on enterprise environmental performance: Evidence from microenterprises // Gondwana Research. – 2024. – V. 131. – P. 181-195.
7. Cosgrove B., Gochis D., Flowers T., Dugger A., Ogden F., Graziano T., Clark E., Cabell R., Casiday N., Cui Z., Eicher, K. NOAA's National Water Model: Advancing operational hydrology through continental-scale modeling // JAWRA Journal of the American Water Resources Association. – 2024. – V. 60. – №. 2. – P. 247-272.
8. Abdullina L., Bobovnikova A., Zrazhevskiy A. ESG-factors and CSR-strategy impact on the investment attractiveness of USA companies // Proceedings of the XLIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. – 2023.
9. Papazian M. V., Westphal C. M. ESG Transitioning: The Politics of Climate Change // Bus. L. Rev. – 2024. – V. 55. – P. 23.
10. Kandpal V., Jaswal A., Santibanez Gonzalez E. D., Agarwal N. Sustainable Energy Transition, Circular Economy, and ESG Practices // Sustainable Energy Transition: Circular Economy and Sustainable Financing for Environmental, Social and Governance (ESG) Practices. – Cham: Springer Nature Switzerland. – 2024. – P. 1-51.
11. Mahfouz M. Y., Lozon E., Hall M., Cheng P. W. Dynamic performance of a passively self-adjusting floating wind farm layout to increase the annual energy production // Wind Energy Science. – 2024. – V. 9. – №. 7. – P. 1595-1615.
12. Krapivkin E. A. Ekonomicheskie vygody integratsii principov ESG v rossijskuyu ekonomiku: analiz uspekhnykh kejsov // Cbornik trudov XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rossiya i mir». – 2024. – S. 370.
13. Tkachenko I. N., Savchenko YA. V. Nauchnyj obzor metodov i instrumentariya issledovaniya i ocenivaniya ESG-transformatsii v biznese // Ekonomika Professiya Biznes. – 2024. – №. 3. – S. 123-132.
14. Izmaylova M. A. Realizatsiya ESG-povestki instrumentami cifrovoy ekonomiki: sostoyanie i perspektivy razvitiya // Ars Administrandi (Iskusstvo upravleniya). – 2024. – S. 413-435.

Таблица 1 - Способы применения ИИ в экологической адаптации [5, 6]

| Направление | Описание | Примеры применения |
|-----------------------------------|---|---|
| Анализ воздействия на ОС | Анализа данных о выбросах, потреблении энергии, воздействии на экосистемы алгоритмами ИИ. | Модели предсказания влияния производственных процессов на климатические условия и экосистемы. |
| Предсказание экологических рисков | Построение моделей для оценки потенциальных экологических рисков. | Прогнозирование последствий выбросов, оценка изменения климата в конкретных регионах. |
| Управление выбросами | Регулярный мониторинг выбросов вредных веществ, автоматическая коррекция рабочих процессов. | Оптимизация процессов сжигания топлива для снижения выбросов CO ₂ и других загрязняющих веществ. |
| Переработка отходов | Анализ состава отходов и выбор оптимальных методов их переработки. | Оптимизация переработки промышленных отходов, снижение их объемов. |
| Повышение энергоэффективности | Прогнозирование спроса на энергию и оптимизация ее распределения. | Внедрение систем «умного управления» ресурсами для снижения затрат на энергию и воду. |
| Мониторинг состояния оборудования | Прогнозирование поломок и износа оборудования на основе данных о его эксплуатации. | Снижение затрат на обслуживание и продление срока службы механизмов. |



Рисунок 3 - Схема мониторинга ОС

Одним из примеров системы мониторинга природных катастроф, активно использующей ИИ, является NOAA's National Water Model (NWM). Она разработана Национальным управлением океанических и атмос-

ферных исследований (NOAA) США и предназначена для прогнозирования наводнений и управления водными ресурсами (рис.4).



Рисунок 4 - Прогноз уровня воды в реке Анклот (Флорида, США)

National Water Model использует методы машинного обучения (МО) и обработки больших данных для

анализа значительного объема информации, включая данные об осадках, уровнях рек и влажности поч-

вы [7]. Система предоставляет высокоточную информацию в режиме реального времени и предсказания на несколько дней вперед, что помогает минимизировать последствия наводнений, например своевременно эвакуировать людей, животных и технику.

Другое направление использования ИИ для экологической адаптации предприятия по ESG-критериям – автоматизация отчетности. Это позволяет существенно снизить затраты на ручной сбор данных и минимизировать вероятность возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором. Такая автоматизация особенно актуальна в контексте реализации ЦУР ООН, которые обязывают компании регулярно предоставлять данные об экологических аспектах своей деятельности [8].

Внедрение ИИ в промышленные процессы.

Российские и зарубежные компании используют ИИ для повышения эффективности, снижения экологического воздействия и соответствия ESG-критериям. ExxonMobil, одна из крупнейших мировых энергетических компаний, активно внедряет ИИ в свои производственные процессы для повышения эффективности использования ресурсов и декарбонизации. Используя алгоритмы МО и системы обработки больших данных, компания управляет нефтеперерабатывающими заводами, а также процессами добычи нефти и газа, оптимизируя энергопотребление в режиме реального времени [9]. Согласно отчету компании за 2023 год, расходы ExxonMobil на охрану ОС ежегодно увеличиваются, но при этом сумма, потраченная на экологические штрафы и взаиморасчеты составляет менее 0,001 млрд долларов в год (рис.5).

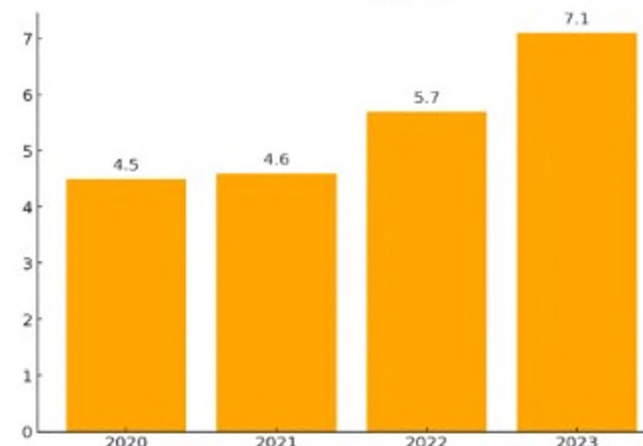


Рисунок 5 - Расходы ExxonMobil на охрану ОС, млрд долларов

К 2030 году ExxonMobil планирует сократить выбросы парниковых газов на 50 млн тонн в год за счет внедрения технологий улавливания и хранения углерода (CCS) и использования ИИ для управления энергетическими процессами. Для предсказания потребностей в обслуживании оборудования компания использует прогностические модели на основе ИИ. Они помогают предотвращать поломки и аварийные выбросы и снижать затраты на ремонт на 15-20%. Эти меры не только улучшают экологические показатели ExxonMobil, но и повышают экономическую эффективность ее работы. Так с 2019 по 2023 год количество случаев разливов углеводородов (не с морских судов) сократилось с 309 до 159.

Энергетическая компания General Electric (GE) активно внедряет ИИ для повышения эффективности своих промышленных процессов, особенно в области возобновляемой энергетики и управления электросетями. Одним из направлений компании является оптимизация управления ветряными электростанциями. Например, в подразделении Onshore Wind GE эксплуатируется более 55 000 турбин по всему миру, причем половина из них обслуживается с использованием ИИ [10].

Важную роль ИИ выполняет также в сегменте Offshore Wind, где в 2023 году были установлены турбины Haliade-X мощностью 13 МВт для офшорных ветроэлектростанций на восточном побережье США. Это способствует значительному снижению затрат на производство энергии и повышению конку-

рентоспособности американской офшорной ветроэнергетики.

Еще одно инновационное решение, которое помогает компании GE соответствовать ESG-критериям – внедрение платформы PowerUp. Это настраиваемая система, созданная для увеличения годовой выработки энергии (AEP) ветряных электростанций до 10% [11]. Платформа использует возможности больших данных и анализирует историю работы каждого актива с учетом его конфигурации, производительности и условий эксплуатации. В процессе анализа система выявляет потенциальные способы повышения эффективности производства энергии, которые могут быть использованы для оптимизации работы турбин (рис.6).

Платформа может обеспечить точную и индивидуальную настройку работы турбин, что значительно повышает годовую выработку энергии.

Среди российских компаний одним из лидеров реализации ESG-критериев является ПАО «Газпром». Одним из ключевых направлений цифровой трансформации является платформа «Газпром.Цифра.Искусственный интеллект», которая используется для прогнозирования, анализа и управления различными аспектами добычи, транспортировки и переработки углеводородов [12]. С помощью ИИ анализируются большие массивы данных, что позволяет улучшать процессы обслуживания оборудования и снижать риски поломок, что, в свою очередь, минимизирует простои.

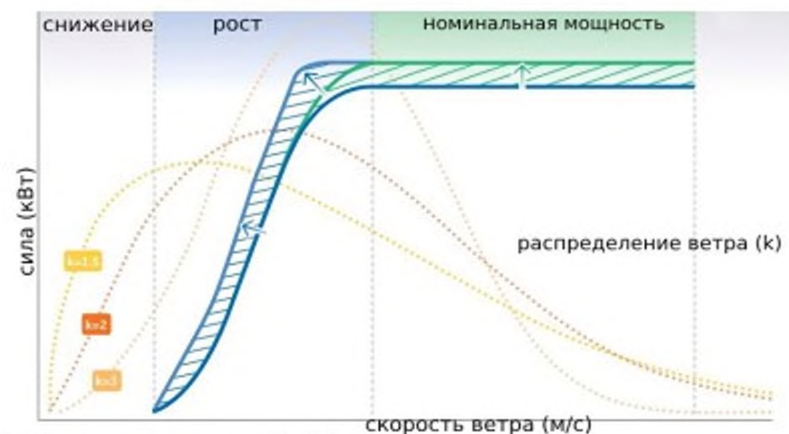


Рисунок 6 - Кривая производительности PowerUp

В 2023 году компания продолжала развивать инновационные технологии и увеличивать инвестиции в цифровизацию. Например, использование ИИ в управлении газопроводами позволило на 8% сократить выбросы метана, что является важной частью экологической стратегии компании. Кроме того, платформа ИИ помогает снижать эксплуатационные расходы и повышать общую производительность за счет оптимизации процессов добычи газа и нефти [13, 14].

Заключение. Применение ИИ в экологической адаптации предприятий по ESG-критериям представляет собой важный шаг в улучшении устойчивости бизнеса и снижении его негативного воздействия на ОС. Интеграция ИИ позволяет автоматизировать многие процессы мониторинга выбросов, управления энергопотреблением и переработки отходов, что способствует снижению углеродного следа и повышению

энергоэффективности. Технологии ИИ могут улучшить прогнозирование экологических рисков и оптимизировать использование ресурсов, что повышает экологическую устойчивость предприятий и их соответствие международным экологическим стандартам.

Кроме того, применение технологий МО и обработки больших данных позволяет оперативно собирать и анализировать информацию о воздействии деятельности компании на ОС. А уже это играет важную роль в обеспечении прозрачной и точной отчетности по экологическим показателям, что может быть полезно при расчете публичных рейтингов, размещении акций компании на бирже и в других целях.

Благодарности. Исследование не имело спонсорской поддержки. Все авторы внесли равный вклад в написание настоящей статьи. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

1. Головкин М. В., Анцибор А. В., Рогачева Ж. С. ESG-критерии инвестиций – «зеленый свет» новым трендам устойчивого развития // Безопасность ядерной энергетики. – 2023. – С. 71-74.
2. Bose S., Khan H. Z., Bakshi S. Determinants and consequences of sustainable development goals disclosure: International evidence // Journal of Cleaner Production. – 2024. – V. 434. – P. 140021.
3. Константинов Д. С., Соловьев К. А., Газизянов А. И., Сазонов А. И. Внедрение экологических практик в бизнес-стратегии: анализ моделей устойчивого менеджмента // Первый экономический журнал. – 2024. – № 7(349). – С. 133-141.
4. Абдуллина Л., Романишина Т., Бобовникова А., Смирнов В., Никитина Д., Блинов А. Актуальные векторы трансформации российского бизнеса в русле «Стратегии устойчивого развития» (ESG) // Общество и экономика. – 2023. – № 7. – С. 71-82.
5. Карлибаева Р. Х., Апсильям Н. М., Яхшибоев Р. Э. Экономический потенциал и перспективы использования технологий искусственного интеллекта в современных корпоративных стратегиях // Innovations in Science and Technologies. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 121-135.
6. Shang Y., Zhou S., Zhuang D., Zywioltek J., Dincer H. The impact of artificial intelligence application on enterprise environmental performance: Evidence from microenterprises // Gondwana Research. – 2024. – V. 131. – P. 181-195.
7. Cosgrove B., Gochis D., Flowers T., Dugger A., Ogden F., Graziano T., Clark E., Cabell R., Casiday N., Cui Z., Eicher, K. NOAA's National Water Model: Advancing operational hydrology through continental-scale modeling // JAWRA Journal of the American Water Resources Association. – 2024. – V. 60. – №. 2. – P. 247-272.
8. Abdullina L., Bobovnikova A., Zrazhevskiy A. ESG-factors and CSR-strategy impact on the investment attractiveness of USA companies // Proceedings of the XLIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. – 2023.
9. Papazian M. V., Westphal C. M. ESG Transitioning: The Politics of Climate Change // Bus. L. Rev. – 2024. – V. 55. – P. 23.
10. Kandpal V., Jaswal A., Santibanez Gonzalez E. D., Agarwal N. Sustainable Energy Transition, Circular Economy, and ESG Practices // Sustainable Energy Transition: Circular Economy and Sustainable Financing for Environmental, Social and Governance (ESG) Practices. – Cham: Springer Nature Switzerland. – 2024. – P. 1-51.
11. Mahfouz M. Y., Lozon E., Hall M., Cheng P. W. Dynamic performance of a passively self-adjusting floating wind farm layout to increase the annual energy production // Wind Energy Science. – 2024. – V. 9. – №. 7. – P. 1595-1615.

12. Крапивкин Е. А. Экономические выгоды интеграции принципов ESG в российскую экономику: анализ успешных кейсов // Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции «Россия и мир». – 2024. – С. 370.
13. Ткаченко И. Н., Савченко Я. В. Научный обзор методов и инструментария исследования и оценивания ESG-трансформации в бизнесе // Экономика Профессия Бизнес. – 2024. – №. 3. – С. 123-132.
14. Измайлова М. А. Реализация ESG-повестки инструментами цифровой экономики: состояние и перспективы развития // Ars Administrandi (Искусство управления). – 2024. – С. 413-435.

References

1. Golovko M. V., Ancibor A. V., Rogacheva ZH. S. ESG-kriterii investitsij – «zelenyj svet» novym trendam ustojchivogo razvitiya // Bezopasnost yadernoj energetiki. – 2023. – S. 71-74.
2. Bose S., Khan H. Z., Bakshi S. Determinants and consequences of sustainable development goals disclosure: International evidence // Journal of Cleaner Production. – 2024. – V. 434. – P. 140021.
3. Konstantinov D. S., Solovjev K. A., Gazizyanov A. I., Sazonov A. I. Vnedrenie ekologicheskikh praktik v biznes-strategii: analiz modelej ustojchivogo menedzhmenta // Pervyj ekonomicheskij zhurnal. – 2024. – № 7(349). – S. 133-141.
4. Abdullina L., Romanishina T., Bobovnikova A., Smirnov V., Nikitina D., Blinov A. Aktualnye vektory transformatsii rossijskogo biznesa v rusle «Strategii ustojchivogo razvitiya» (ESG) // Obshchestvo i ekonomika. – 2023. – №7. – S. 71-82.
5. Karlibaeva R. H., Apsilyam N. M., YAshiboev R. E. Ekonomicheskij potencial i perspektivy ispolzovaniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v sovremennykh korporativnykh strategiyah // Innovations in Science and Technologies. – 2024. – T. 1. – №. 1. – S. 121-135.
6. Shang Y., Zhou S., Zhuang D., Zywioltek J., Dincer H. The impact of artificial intelligence application on enterprise environmental performance: Evidence from microenterprises // Gondwana Research. – 2024. – V. 131. – P. 181-195.
7. Cosgrove B., Gochis D., Flowers T., Dugger A., Ogden F., Graziano T., Clark E., Cabell R., Casiday N., Cui Z., Eicher, K. NOAA's National Water Model: Advancing operational hydrology through continental-scale modeling // JAWRA Journal of the American Water Resources Association. – 2024. – V. 60. – №. 2. – P. 247-272.
8. Abdullina L., Bobovnikova A., Zrazhevskiy A. ESG-factors and CSR-strategy impact on the investment attractiveness of USA companies // Proceedings of the XLIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, USA. – 2023.
9. Papazian M. V., Westphal C. M. ESG Transitioning: The Politics of Climate Change // Bus. L. Rev. – 2024. – V. 55. – P. 23.
10. Kandpal V., Jaswal A., Santibanez Gonzalez E. D., Agarwal N. Sustainable Energy Transition, Circular Economy, and ESG Practices // Sustainable Energy Transition: Circular Economy and Sustainable Financing for Environmental, Social and Governance (ESG) Practices. – Cham: Springer Nature Switzerland. – 2024. – P. 1-51.
11. Mahfouz M. Y., Lozon E., Hall M., Cheng P. W. Dynamic performance of a passively self-adjusting floating wind farm layout to increase the annual energy production // Wind Energy Science. – 2024. – V. 9. – №. 7. – P. 1595-1615.
12. Krapivkin E. A. Ekonomicheskie vygody integratsii principov ESG v rossijskuyu ekonomiku: analiz uspekhnykh kejsov // Sbornik trudov XIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii «Rossiya i mir». – 2024. – S. 370.
13. Tkachenko I. N., Savchenko YA. V. Nauchnyj obzor metodov i instrumentariya issledovaniya i ocenivaniya ESG-transformatsii v biznese // Ekonomika Professiya Biznes. – 2024. – №. 3. – S. 123-132.
14. Izmaylova M. A. Realizatsiya ESG-povestki instrumentami cifrovoy ekonomiki: sostoyanie i perspektivy razvitiya // Ars Administrandi (Iskusstvo upravleniya). – 2024. – S. 413-435.