

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ GREEN IT В СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Карабаев Рустам Зафарович

*Ташкентский университет информационных технологий,
магистрант 2 курса факультета цифровой экономика*

Аннотация. В данной статье рассматривается роль технологий Green IT в современной энергетике, а также их влияние на повышение энергоэффективности, экологической устойчивости и цифровой трансформации энергетического сектора. Проанализированы современные подходы к внедрению энергоэффективных информационных технологий, интеллектуальных систем управления, облачных вычислений и технологий Smart Grid в энергетическую инфраструктуру. Особое внимание уделено вопросам снижения энергопотребления дата-центров, оптимизации вычислительных процессов и сокращения углеродного следа энергетических предприятий. Результаты исследования показывают, что внедрение концепции Green IT способствует рациональному использованию энергетических ресурсов, повышению устойчивости энергетических систем и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: Green IT, энергетика, энергоэффективность, Smart Grid, цифровая трансформация, экологическая устойчивость, интеллектуальные системы, облачные технологии, энергосбережение, углеродный след.

ZAMONAVIY ENERGETIKADA GREEN IT TEXNOLOGIYALARINING O'RNII

Karabayev Rustam Zafarovich

*Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Raqamli iqtisodiyot fakulteti yo'nalishi bo'yicha 2-kurs magistranti*

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy energetika tizimlarida Green IT texnologiyalarining o'rne hamda ularning energiya samaradorligini oshirish, ekologik barqarorlikni ta'minlash va energetika sektorini raqamlashtirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqot davomida energiya tejamkor axborot texnologiyalari, intellektual boshqaruv tizimlari, bulutli hisoblash va Smart Grid texnologiyalarining energetika infratuzilmasiga integratsiyalashuvi o'rganildi. Shuningdek, ma'lumotlar markazlari energiya sarfini kamaytirish, hisoblash jarayonlarini optimallashtirish va energetika korxonalarining uglerod izini qisqartirish masalalariga alohida e'tibor qaratildi. Tadqiqot natijalari Green IT konsepsiyasini joriy etish energetika resurslaridan oqilona foydalanish, energetika tizimlarining barqarorligini oshirish hamda atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirishga xizmat qilishini ko'rsatadi.

Kalit soʻzlar: *Green IT, energetika, energiya samaradorligi, Smart Grid, raqamli transformatsiya, ekologik barqarorlik, intellektual tizimlar, bulutli texnologiyalar, energiya tejash, uglerod izi.*

THE ROLE OF GREEN IT TECHNOLOGIES IN MODERN ENERGY

Karabaev Rustam Zafarovich

*Tashkent University of Information Technologies,
2st year master's student of the Faculty of Digital Economics*

Abstract. *This article examines the role of Green IT technologies in modern energy systems and their impact on energy efficiency, environmental sustainability, and digital transformation of the energy sector. The study analyzes modern approaches to implementing energy-efficient information technologies, intelligent management systems, cloud computing, and Smart Grid technologies within energy infrastructure. Particular attention is paid to reducing data center energy consumption, optimizing computing processes, and minimizing the carbon footprint of energy enterprises. The research findings demonstrate that the implementation of the Green IT concept contributes to the rational use of energy resources, improves the resilience of energy systems, and reduces the negative environmental impact.*

Key words: *Green IT, energy sector, energy efficiency, Smart Grid, digital transformation, environmental sustainability, intelligent systems, cloud technologies, energy saving, carbon footprint.*

Введение. В условиях глобальной цифровой трансформации энергетический сектор претерпевает существенные структурные и технологические изменения, связанные с внедрением интеллектуальных систем управления, автоматизированных цифровых платформ, облачных вычислений и современных информационных технологий. Одновременно с этим возрастает уровень энергопотребления информационной инфраструктуры, увеличивается нагрузка на вычислительные центры и усиливается негативное воздействие энергетических объектов на окружающую среду. В данной связи особую актуальность приобретает концепция Green IT, направленная на обеспечение энергоэффективности, экологической устойчивости и рационального использования цифровых ресурсов в энергетической отрасли [1].

Технологии Green IT представляют собой совокупность методов, программных решений и организационных механизмов, ориентированных на снижение энергопотребления информационных систем, минимизацию углеродного следа, повышение эффективности вычислительных процессов и оптимизацию эксплуатации цифровой инфраструктуры [2]. В современной энергетике применение Green IT способствует не только повышению энергетической эффективности, но и обеспечивает устойчивое функционирование цифровых систем управления.

Особое значение Green IT приобретает в условиях активного развития цифровой энергетической инфраструктуры, где происходит постоянный обмен большими объемами данных между энергетическими объектами, системами управления и вычислительными платформами [3]. Использование интеллектуальных алгоритмов обработки данных, виртуализации, облачных технологий и энергоэффективных дата-центров позволяет значительно сократить эксплуатационные затраты энергетических предприятий и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Современные исследования показывают, что интеграция Green IT-технологий в энергетический сектор способствует повышению устойчивости энергетических систем, снижению потерь электроэнергии, оптимизации вычислительных ресурсов и формированию экологически ориентированной цифровой инфраструктуры [4]. Кроме того, внедрение энергоэффективных информационных технологий позволяет обеспечить достижение стратегических целей устойчивого развития и экологической модернизации энергетической отрасли [5].

Актуальность исследования. Актуальность исследования обусловлена активной цифровизацией энергетического сектора и ростом энергопотребления информационной инфраструктуры. В современных условиях особое значение приобретают технологии Green IT, направленные на повышение энергоэффективности, снижение эксплуатационных затрат и минимизацию негативного воздействия на окружающую среду. Внедрение энергоэффективных цифровых решений способствует устойчивому развитию энергетических систем и оптимизации использования ресурсов.

Гипотеза. Если в современных энергетических системах внедрить технологии Green IT, включая интеллектуальные системы управления, энергоэффективные вычислительные платформы, виртуализацию и облачные технологии, то это позволит существенно повысить уровень энергетической эффективности, снизить эксплуатационные издержки, минимизировать углеродный след и обеспечить экологически устойчивое функционирование энергетической инфраструктуры.

Литературный обзор. Проблематика внедрения технологий Green IT в энергетический сектор активно исследуется в современной научной литературе в контексте цифровой трансформации, устойчивого развития и повышения энергоэффективности информационной инфраструктуры.

Одним из фундаментальных исследований в данной области является работа *Harnessing Green IT: Principles and Practices* [1], в которой автор рассматривает концептуальные основы Green IT, механизмы повышения энергоэффективности вычислительных систем и подходы к снижению экологического воздействия информационных технологий. Исследователь отмечает, что применение Green IT позволяет существенно сократить энергопотребление цифровой инфраструктуры и повысить устойчивость технологических процессов.

Важный вклад в исследование интеллектуальных энергетических систем внесли Ali Keyhani и Mohammad N. Marwali в работе *Smart Power Grids 2011* [2]. Авторы

анализируют особенности цифровизации энергетической инфраструктуры, внедрения интеллектуальных систем управления энергопотреблением и современных методов оптимизации энергетических процессов. В исследовании подчеркивается, что интеграция Green IT обеспечивает снижение энергетических потерь и повышение эффективности распределения ресурсов.

Существенное внимание вопросам энергоэффективности дата-центров и облачных технологий уделено в исследовании *Green Computing: Tools and Techniques for Saving Energy, Money, and Resources* [3]. Автор рассматривает методы виртуализации, интеллектуального распределения вычислительных ресурсов и оптимизации серверной инфраструктуры как ключевые элементы экологически устойчивой цифровой среды.

Проблемы устойчивого развития энергетики и экологической модернизации информационной инфраструктуры подробно исследуются в работе *The Greening of IT* [4]. Автор отмечает, что применение Green IT-технологий способствует формированию экологически ориентированной модели энергетического управления и обеспечивает снижение уровня выбросов углерода в энергетическом секторе.

Вопросы интеграции интеллектуальных технологий и устойчивого энергетического развития также рассматриваются в исследовании *Introduction to Energy in California* [5]. В работе анализируются перспективы внедрения автоматизированных систем мониторинга, цифровых платформ управления энергопотреблением и современных энергоэффективных решений.

Методология исследования. В рамках данного исследования использовались теоретические, аналитические и сравнительные методы исследования, направленные на изучение роли технологий Green IT в современной энергетике. Основное внимание уделялось анализу энергоэффективности цифровой инфраструктуры, снижению энергопотребления информационных систем и повышению экологической устойчивости энергетических объектов.

На первом этапе был проведён анализ научной литературы, международных исследований и современных подходов к внедрению Green IT-технологий в энергетический сектор. Были изучены методы оптимизации вычислительных ресурсов, виртуализации серверной инфраструктуры, облачных вычислений и интеллектуальных систем управления энергопотреблением.

В ходе исследования применялся метод сравнительного анализа, позволяющий оценить различия между традиционной IT-инфраструктурой и энергоэффективными Green IT-решениями. Оценка проводилась по следующим показателям: уровень энергопотребления, эксплуатационные затраты, эффективность использования вычислительных ресурсов и экологическое воздействие.

Результат исследования. Проведённое исследование показало, что технологии Green IT формируют принципиально новую модель функционирования цифровой инфраструктуры энергетического сектора, в которой вычислительные ресурсы

рассматриваются не только как инструмент обработки данных, но и как элемент системы энергосбережения.

В отличие от традиционной IT-инфраструктуры, где вычислительные мощности функционируют независимо от уровня текущей нагрузки, концепция Green IT предполагает динамическое распределение ресурсов, автоматическую оптимизацию энергопотребления и интеллектуальное управление цифровыми процессами. Это особенно важно для энергетических предприятий, где непрерывность вычислительных процессов напрямую влияет на стабильность функционирования инфраструктуры.

Таблица 1

Сравнительная характеристика традиционной IT-инфраструктуры и Green IT-модели¹

№	Критерий анализа	Традиционная IT-модель	Green IT модель	Практический эффект
1	Архитектура инфраструктуры	Децентрализованная	Оптимизированная	Снижение нагрузки на оборудование
2	Энергопотребление серверов	Высокое	Сниженное	Экономия электроэнергии
3	Использование вычислительных ресурсов	Частично эффективно	Максимально эффективно	Повышение производительности
4	Охлаждение дата-центров	Постоянное	Интеллектуальное	Снижение тепловых потерь
5	Управление нагрузкой	Ручное	Автоматизированное	Стабилизация процессов
6	Экологическое воздействие	Высокое	Минимизированное	Снижение выбросов CO ₂
7	Эксплуатационные расходы	Значительные	Оптимизированные	Сокращение затрат
8	Масштабируемость	Ограниченная	Гибкая	Повышение устойчивости

Таблица 1 отражает принципиальные различия между классической моделью функционирования цифровой инфраструктуры и концепцией Green IT. В традиционной архитектуре серверное оборудование работает практически непрерывно независимо от реальной вычислительной нагрузки, что приводит к избыточному энергопотреблению и увеличению тепловыделения. Green IT-модель, напротив, ориентирована на интеллектуальное распределение вычислительных ресурсов, при котором активность серверов адаптируется к текущим задачам системы.

Особенно важным элементом является интеллектуальное охлаждение дата-центров. В традиционной инфраструктуре системы охлаждения функционируют в

¹ Разработано автором в результате исследования

постоянном режиме, тогда как Green IT использует адаптивные механизмы регулирования температуры и распределения тепловой нагрузки. Это позволяет значительно сократить потребление электроэнергии и повысить энергоэффективность вычислительной инфраструктуры.

Мировая практика показывает, что внедрение технологий Green IT становится одним из ключевых направлений модернизации энергетической и цифровой инфраструктуры. Наиболее активное развитие Green IT наблюдается в странах с высоким уровнем цифровизации и масштабным использованием дата-центров, поскольку именно вычислительная инфраструктура является одним из крупнейших потребителей электроэнергии в современной экономике.

Согласно международным исследованиям, глобальные дата-центры в 2022 году потребляли от 240 до 340 ТВт·ч электроэнергии, что составляет около 1-1,3% мирового потребления электроэнергии [6]. При этом прогнозируется, что к 2026 году энергопотребление дата-центров может превысить 1000 ТВт·ч вследствие роста искусственного интеллекта и облачных вычислений [6]. Данные показатели стали одним из основных факторов активного внедрения Green IT технологий в развитых странах.

Особенно высокий уровень внедрения Green IT наблюдается в США, где дата-центры обеспечивают около 50% корпоративных закупок чистой энергии [7]. Крупнейшие технологические компании активно используют возобновляемые источники энергии, интеллектуальные системы охлаждения и виртуализацию вычислительных ресурсов. Например, дата-центры Google достигли показателя PUE (Power Usage Effectiveness) на уровне 1.10, что значительно ниже среднего мирового уровня 1.26 [8]. Это означает, что инфраструктура использует значительно меньше дополнительной энергии на охлаждение и обслуживание серверов.

В странах Европейского союза развитие Green IT связано прежде всего с экологическими требованиями и политикой декарбонизации. Германия, Франция и Великобритания активно внедряют энергоэффективные дата-центры, интеллектуальные системы распределения нагрузки и технологии переработки тепловой энергии серверного оборудования. По прогнозам международных аналитических агентств, Германия демонстрирует один из наиболее высоких темпов роста рынка Green Data Center - около 16,1% ежегодно [9].

Китай занимает лидирующие позиции по темпам развития Green IT-инфраструктуры благодаря масштабным государственным программам цифровизации и достижения углеродной нейтральности. По оценкам аналитиков, среднегодовой рост рынка «зелёных» дата-центров в Китае составляет около 18,9% [9]. В стране активно используются интеллектуальные системы управления энергопотреблением, солнечная энергетика и автоматизированные платформы оптимизации вычислительных ресурсов.

Индия также демонстрирует высокий уровень развития Green IT, особенно в условиях стремительного роста цифровой экономики. Согласно прогнозам, рынок Green IT в Индии ежегодно увеличивается примерно на 17,5% [9]. Основными направлениями

являются внедрение энергоэффективных серверных решений, облачных платформ и систем интеллектуального контроля энергопотребления.

Значительное внимание вопросам энергоэффективности уделяется и в Японии, где активно внедряются AI-системы охлаждения дата-центров и интеллектуальные механизмы перераспределения вычислительной нагрузки. Международные исследования показывают, что применение AI-управления охлаждением позволяет сократить энергопотребление дата-центров в среднем на 22-32% [8].

Таблица 2

Международный опыт внедрения Green IT технологий²

№	Страна	Основное направление Green IT	Статистические показатели	Результат внедрения
1	США	Возобновляемая для дата-центров	Более 50 ГВт чистой энергии	Снижение энергозатрат
2	Германия	Энергоэффективные дата-центры	Рост рынка 16,1% в год	Снижение выбросов CO ₂
3	Китай	Интеллектуальное управление энергией	Рост рынка 18,9% в год	Высокая цифровая эффективность
4	Индия	Облачные Green IT решения	Рост рынка 17,5% в год	Оптимизация энергопотребления
5	Япония	ИИ-системы охлаждения	Экономия энергии до 32%	Повышения энергоэффективности
6	Великобритания	Цифровая экологическая модернизация	Рост Green IT-инвестиций	Устойчивое развитие инфраструктуры

Представленные данные показывают, что наиболее эффективное внедрение Green IT наблюдается в странах, где цифровая трансформация сопровождается государственной поддержкой экологических инициатив и модернизацией энергетической инфраструктуры. При этом каждая страна использует собственную модель развития Green IT.

Американская модель ориентирована на интеграцию возобновляемой энергетики с вычислительной инфраструктурой и использование крупных облачных платформ. Европейская модель базируется на экологическом регулировании и минимизации углеродного следа цифровой инфраструктуры. Азиатская модель, представленная Китаем, Японией и Индией, ориентирована на масштабную цифровизацию и интеллектуальное управление энергопотреблением.

² Разработано автором в результате исследования

Мировая статистика показывает, что применение Green IT позволяет существенно снизить энергопотребление вычислительной инфраструктуры, уменьшить нагрузку на энергетические системы и повысить экологическую устойчивость цифровой экономики. Для Республики Узбекистан использование международного опыта может стать важным фактором модернизации энергетического сектора и повышения эффективности цифровой инфраструктуры.

Заключение и выводы. В результате проведённого исследования была изучена роль технологий Green IT в современной энергетике, а также проанализировано их влияние на повышение энергоэффективности, экологической устойчивости и оптимизацию цифровой инфраструктуры энергетических предприятий. Исследование показало, что в условиях активной цифровизации энергетического сектора возрастает нагрузка на вычислительные системы, дата-центры и информационные платформы, что требует внедрения энергоэффективных цифровых решений.

Проведённый анализ международного опыта показал, что развитые страны активно интегрируют Green IT технологии в энергетическую инфраструктуру с целью снижения энергопотребления, минимизации углеродного следа и повышения устойчивости цифровых систем. Особенно эффективными направлениями являются виртуализация вычислительных ресурсов, использование облачных технологий, интеллектуальное управление энергопотреблением и внедрение энергоэффективных дата-центров.

Результаты исследования подтверждают, что применение Green IT позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы энергетических предприятий, повысить эффективность использования вычислительных мощностей и снизить негативное воздействие на окружающую среду. Дополнительно внедрение интеллектуальных механизмов управления цифровой инфраструктурой способствует оптимизации процессов обработки данных и повышению устойчивости энергетических систем. Таким образом, технологии Green IT формируют основу устойчивого развития современной энергетике и становятся одним из ключевых факторов экологической и цифровой трансформации энергетической отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Murugesan S. Harnessing Green IT: Principles and Practices. — Wiley Publishing, 2012.
2. Keyhani A., Marwali M.N. Smart Power Grids 2011. — Springer, 2011.
3. Smith B.E. Green Computing: Tools and Techniques for Saving Energy, Money, and Resources. — Auerbach Publications, 2014.
4. Lamb J. The Greening of IT. — IBM Press, 2009.
5. Asmus P. Introduction to Energy in California. — McGraw-Hill Education, 2015.
6. Официальные веб-сайт комитета статистики Республики Узбекистан -Stat.uz
7. Портал по открытым данным организациям Республики Узбекистан — openinfo.uz.