

Казанцева Диана Михайловна, Магистрант
ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

ЦИФРОВОЙ СЛЕД НЕВИДИМОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕНЫ НАШЕГО ОНЛАЙН-ПРИСУТСТВИЯ

Аннотация. Данная статья исследует скрытые экологические издержки цифровой эпохи – понятие «цифрового следа». На основе актуальных данных проанализировано энергопотребление и выбросы парниковых газов от работы центров обработки данных, телекоммуникационных сетей и производства пользовательских устройств. В материале наглядно демонстрируется, что привычные онлайн-действия – имеют измеримую углеродную стоимость. В результате выявлено, какие действия могут снизить данную проблему и помочь окружающей среде

Ключевые слова: Экология, цифровой след, углеродный след IT, энергопотребление цифровой индустрии, экологическая цена данных

Мы редко задумываемся о том, где физически хранятся наши фотографии в облаке, откуда приходит потоковое видео или через какие серверы проходит наш звонок. Цифровой мир представляется нам эфемерным пространством, находящимся где-то в абстрактной реальности, под названием «интернете». Но правда в том, что у данного мира есть вполне материальный адрес. Массивные дата-центры, опутанные проводами и требующие больших затрат на охлаждение. Смартфоны, при производстве которых была нарушена целая экосистема. Сети, поглощающие все больше энергии.

В данной статье актуализируется вопрос цифрового следа. Предоставляются данные по энергопотреблению и выбросам парниковых газов, а также оценивается эффективность существующих мер по снижению экологической нагрузки. Рассматриваются точные метрики, в результате выводятся объективная оценка современных технологических трендов.

Современная цифровая экономика формирует иллюзию бестелесности, однако за операциями с данными стоят материальные процессы с измеримыми экологическими последствиями. Основу экологического воздействия составляют три взаимосвязанных элемента: центры обработки данных, телекоммуникационные сети и абонентские устройства, совокупное энергопотребление которых демонстрирует устойчивый рост на 6-8% ежегодно, превышая среднемировые темпы увеличения энергопотребления [1].

Современные центры обработки данных потребляют большое количество электроэнергии ежегодно, что составляет приблизительно один процент мирового электропотребления. Их энергоэффективность измеряется показателем Power Usage Effectiveness (PUE), где современные центры демонстрируют PUE 1.3-1.5 против устаревших объектов с показателем 2.0 и выше. Глобальные сети передачи данных потребляют 250-300 **тераватт-год**, причем мобильные сети составляют примерно шестьдесят процентов от этого объема. Переход на технологии пятого поколения мобильной связи увеличивает энергопотребление на 150-200 процентов по сравнению с предыдущими поколениями связи, одновременно повышая эффективность передачи данных на 80-90 процентов. Общемировой парк из пятнадцати миллиардов подключенных устройств потребляет около 400 **тераватт-час** ежегодно, при этом углеродный след от производства новых устройств в 3-4 раза превышает воздействие от их эксплуатации [2].

К 2030 году ожидается увеличение доли цифрового сектора до 8-10% мирового электропотребления. Основными драйверами роста станут распространение интернета вещей, внедрение искусственного интеллекта, развитие технологий виртуальной реальности и рост объемов потокового видео. Структура энергозатрат центра обработки данных распределяется следующим образом: 45% – вычислительные операции, 35% – системы охлаждения, 15% – сетевое оборудование и 5% – резервное питание. Требуется системная оптимизация всех компонентов цифровой инфраструктуры для соответствия целям устойчивого развития,



поскольку анализ показывает прямую корреляцию между ростом интернет-трафика и увеличением нагрузки на энергетические системы. Особую значимость приобретает углеродоемкость потокового видео, облачных вычислений и систем искусственного интеллекта, что делает необходимым разработку комплексных мер по снижению экологической нагрузки цифровой экономики.

Каждый раз при отправке сообщения, просмотра сериала в качестве высокого разрешения или при поиске информации в интернете, человек затрачивает не только трафик, но и реальные энергетические ресурсы. За виртуальным миром стоит большая, весомая инфраструктура, чей аппетит растет с каждым днём.

Центры обработки данных представляют из себя огромные склады, в которых содержатся сервера и функционируют 24 часа 7 раз в неделю. Они не только потребляют колоссальное количество электричества для вычислений (около **200-250 тераватт-час в год**, что больше энергопотребления всей Италии), но и тратят до **40%** этой энергии на охлаждение, чтобы не перегреться. Если эта энергия приходит от угольных электростанций, то каждое действие человека в облаке оставляет углеродный след [3]. Один только центр обработки данных среднего размера может выбрасывать в атмосферу десятки тысяч тонн углекислого газа ежегодно.

В таблице ниже представлены данные о энергопотреблении и выбросах CO₂ для различных компонентов цифровой инфраструктуры и пользовательских активностей (табл.1).

Таблица 1

Энергопотребление и выбросы парниковых газов от цифровых технологий

Категория	Компонент/Активность	Энергопотребление	Выбросы CO ₂ (в год, если не указано иное)	Сравнительная аналогия
Глобальная инфраструктура	Вся цифровая система	Около 4% от мирового объёма (1000 Тераватт * Час)	2-4% глобальных выбросов (800 млн. – 1 млрд. тонн)	Выбросы всей авиационной индустрии
Центры обработки данных	Все центры обработки данных мира	200-250 Тераватт * Час	100 миллионов тонн	Выбросы такой страны, как Бельгия
	Хранение 1 гигабайта данных	-	0,2 килограмм	1 километр на автомобиле заправляющемся бензином
Телекоммуникационные сети	Все сети передачи данных	250-300 Тераватт * Час	Около 150 миллионов тонн	Выбросы такой страны, как Нидерланды
Пользовательские устройства	Все устройства (эксплуатация)	Около 400 Тераватт * Час	Около 1 миллиарда тонн (за весь жизненный цикл)	
	Производство одного смартфона	-	55-58 килограмм	500 километров на автомобиле
	Производство 1 ноутбука	-	Около 300 килограмм	Перелет Париж-Барселона
Пользовательские активности	1 сообщение email (без вложения)	0,03 Ватт * час	1-4 грамм (за одно письмо)	10-40 метров на автомобиле
	1 сообщение email (с вложением)	0,5 Ватт час	17-50 грамм (за одно письмо)	170-500 метров на автомобиле
	1 поисковый запрос	0,003 Ватт час	0,2-0,5 грамм (за запрос)	2-5 метров на автомобиле



Данные показатели являются усредненными оценками и могут варьироваться в зависимости от региона, источника энергии и эффективности инфраструктуры. Основной вклад в углеродный след пользовательских устройств приходится на этап производства, а не эксплуатации. Энергопотребление и выбросы от ЦОД и сетей сильно зависят от их расположения и использования "зеленой" энергии [4].

Решение данной проблемы требует системного подхода на нескольких уровнях. На технологическом уровне необходимо ускорить переход на возобновляемые источники энергии для питания дата-центров, внедрять инновационные системы охлаждения с использованием естественного холода и жидкостного охлаждения. Вместо кондиционеров можно использовать естественных холодов. Центры обработки данных в Финляндии охлаждаются морским воздухом, а в Швеции серверы помещают в бывшие бомбоубежища и охлаждают ледяной водой. Не менее важна оптимизация алгоритмов сжатия данных и внедрение "зеленых" стандартов программирования. Крупные компании, такие как Google и Samsung полностью перешли на возобновляемые источники – солнечные панели и ветряные электростанции. Данный путь является самым эффективным. На организационном уровне требуется реализация принципов циркулярной экономики в производстве электроники с акцентом на ремонтпригодность, апгрейд и переработку, а также введение обязательной углеродной отчетности для IT-компаний. Ключевое значение имеет развитие нормативной базы – введение стандартов энергоэффективности для всего жизненного цикла цифровых продуктов и сервисов.

На индивидуальном уровне осознанное потребление digital-услуг может дать значительный эффект: продление срока службы устройств, отказ от постоянного обновления гаджетов, оптимизация использования облачных хранилищ, снижение качества видео при стриминге когда это возможно, отключение камеры во время видеоконференций. Крупные корпорации должны внедрять географическую маршрутизацию вычислений в регионы с низкоуглеродной энергетикой и разрабатывать более эффективные алгоритмы искусственного интеллекта.

Подводя итог вышесказанному можно сделать вывод, что без общих усилий всех участников цифровой экосистемы – от производителей оборудования и провайдеров услуг до конечных пользователей – экологическая цена цифровизации будет продолжать расти. Устойчивое развитие цифровой экономики возможно только через переход от парадигмы безграничного роста к модели осознанного потребления ресурсов, где каждая сохраненная гигабайт данных и каждый продленный год работы устройства будут вносить вклад в общее дело сохранения планеты. Технологии должны стать частью решения экологических проблем, а не их источником, что требует пересмотра самих основ проектирования, развертывания и использования цифровой инфраструктуры.

Список литературы:

1. Belkhir, L., & Elmeligi, A. Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 177. – P. 448-463.
2. Иванов, А.С., Петрова, Е.В. Экологические аспекты развития цифровой экономики: углеродный след и пути его снижения // Энергосбережение. – 2021. – № 5. – С. 45-51.
3. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации» [Электронный ресурс] / Министерство природных ресурсов и экологии РФ. – М., 2022. – Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения: 15.10.2023).
4. Кузнецов, К.Б. Энергоэффективность центров обработки данных: российский и зарубежный опыт [Текст] / К.Б. Кузнецов // Теплоэнергетика. – 2022. – № 3. – С. 12-19.

