

СЕМЕНОВА К.Э.,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Москва, Россия,
e-mail: ksemenova276@gmail.com

ТЕРЕНТЬЕВА С.А.,
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации,
Москва, Россия,
e-mail: 234013@edu.fa.ru

ИЗУЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЦОД В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Аннотация. Исследование посвящено анализу проблем и перспектив размещения энергоэффективных центров обработки данных в условиях экстремального климата Республики Саха (Якутия). Рассматриваются ключевые вызовы, такие как экспоненциальный рост энергопотребления ЦОД на фоне развития искусственного интеллекта, дефицит свободных энергомощностей в традиционных регионах и необходимость обеспечения цифрового суверенитета. В работе изучен глобальный тренд «северной миграции» вычислительных мощностей, климатические и энергетические преимущества Якутии, инфраструктурный потенциал района Кысыл-Сыр, а также предложена архитектура объекта мощностью 100 МВт с модульной газопоршневой генерацией и гибридной системой охлаждения на базе прямого и косвенного фрикулинга.

Ключевые слова: центр обработки данных, Якутия, энергоэффективность, PUE, свободное охлаждение, фрикулинг, газопоршневая генерация, цифровой суверенитет, экономическая модель, многолетняя мерзлота, искусственный интеллект.

SEMENOVA K.E.,
Financial University under the Government
of the Russian Federation

TERENTYIEVA S.A.,
Financial University under the Government
of the Russian Federation

A STUDY OF ENERGY-EFFICIENT DATA CENTERS IN THE EXTREME CLIMATE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Annotation. The study is devoted to analyzing the problems and prospects of deploying energy-efficient data centers in the extreme climate of the Republic of Sakha (Yakutia). Key challenges are examined, such as the exponential growth in data center energy consumption driven by the development of artificial intelligence, the shortage of available power capacity in traditional regions, and the need to ensure digital sovereignty. The paper explores the global trend of the “northern migration” of computing capacity, the climatic and energy advantages of Yakutia, and the infrastructure potential of the Kysyl-Syr area, and proposes an architecture for a 100 MW facility with modular gas piston generation and a hybrid cooling system based on direct and indirect free cooling.

Key words: data center, Yakutia, energy efficiency, PUE, free cooling, gas piston generation, digital sovereignty, economic model, permafrost, artificial intelligence.

Стремительный прогресс ИИ и взрывной рост генерации данных превратили дата-центры в ключевых потребителей электри-

чества, выдвинув на первый план дилемму их энергопотребления и географической дислокации. В условиях, когда резервы классических

сетевых узлов практически выбраны, а нормы цифрового суверенитета становятся всё строже, критически важным становится подбор нетипичных локаций. Такие площадки должны гарантировать минимальный показатель PUE, бесперебойный доступ к недорогой электроэнергии и возможность гибкого наращивания вычислительных мощностей.

Современная экономика переживает рост объёмов генерируемых и обрабатываемых данных, вызванный распространением систем искусственного интеллекта (ИИ), технологий больших данных и массовым переходом на облачные платформы [12]. Эти процессы трансформируют сектор центров обработки данных, выдвигая его в число наиболее динамично растущих потребителей электричества. Если ещё десятилетие назад дата-центр на 30 МВт считался масштабным, то сегодня стандартный ИИ-кластер требует от 200 МВт и выше [1]. Согласно прогнозным оценкам, к 2030 году общая установленная мощность дата-центров в мире поднимется до отметки 122 ГВт, причём сегмент ИИ способен занять до 27% в совокупном потреблении ЦОД уже к 2027 году [9], таким образом, потребление растёт быстрее, чем за последние десятилетия.

В настоящий момент совокупный спрос на электроэнергию со стороны российских ЦОД оценивается в районе 1 ГВт [5]. Ведомственные прогнозы Министерства цифрового развития предполагают, как минимум удвоение этого показателя до 2,5 ГВт к 2030 году, дополнительно для функционирования специализированных ИИ-кластеров может понадобиться ещё 394 МВт, что потребует вложений в объёме 1,7 трлн рублей. Ситуация осложняется тем, что традиционный

центр размещения — московский регион — практически исчерпал свободные энергомощности: загруженность дата-центров приблизилась к 95% [14], а техническая возможность новых присоединений смещается за горизонт 2027–2030 годов. Это вынуждает операторов перемещать проекты в энергопрофицитные Сибирь, Дальний Восток, Приволжье и на Урал. Вопросы гарантированного энергоснабжения дата-центров неразрывно связаны с задачами обеспечения цифрового суверенитета страны. Базовым инструментом здесь выступает национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» [8], нацеленный на форсирование технологической автономии, масштабирование искусственного интеллекта и укрепление критической информационной инфраструктуры (КИИ) [13]. Параллельно ужесточается нормативно-правовая база: с 2025 г. на объектах КИИ обязательно отечественное ПО, с 2026 г. — отечественное оборудование; введены оборотные штрафы за нарушение локализации персональных данных. Согласно расчётам РАЭК, к завершению десятилетия РФ способна выйти на почти абсолютный уровень цифровой самодостаточности, при этом совокупная капитализация соответствующих инициатив превысит 1 трлн рублей.

Ключевым показателем энергоэффективности ЦОД является коэффициент PUE (Эффективность энергопотребления). PUE определяется как отношение полной энергии, потребляемой объектом, включая охлаждение, освещение, потери в ИБП и распределительных устройствах, к энергии, потребляемой непосредственно ИТ-оборудованием:

$$PUE = \frac{\text{Общее энергопотребление ЦОД}}{\text{Энергопотребление ИТ – оборудования}}$$

Идеальное значение $PUE = 1,0$ достигается в гипотетическом случае, когда вся энергия поступает на серверы без потерь. На практике же типовые дата-центры, функционирующие в зонах с умеренным климатом, демонстрируют показатели в диапазоне 1,5–2,0. Лишь флагманские гиперскейлеры, такие как «Google», «Meta», «Microsoft», размещённые в благоприятных природно-климатических локациях, способны достигать значений PUE на уровне 1,10 – 1,15.

Важно отметить, что существует два основных подхода к охлаждению ЦОД — воздушное и жидкостное [11]. В свою очередь, выбор конкретной системы зависит от климатических условий, плотности тепловыделения и доступных ресурсов.

Наиболее распространённым и традиционным является воздушный способ, который включает кондиционеры, разделение горячих и холодных коридоров и оптимизацию воздушных потоков. Однако, несмотря на простоту установки и широкую доступность, такой метод предоставляет низкую эффективность при высоких нагрузках и высокое энергопотребление.

Жидкость обладает теплоемкостью в 3–4 раза выше воздуха, что позволяет отводить тепло гораздо быстрее. К основным типам жидкостного метода относятся иммерсионное, которое означает погружение серверов в диэлектрическую жидкость, direct-to-chip (подача жидкости к процессорам), а также гибридные и пассивные системы. Но в то же время, высокая стоимость,

риск утечек и потребность в специальном обучении персонала делает жидкостный метод менее востребованным.

Однако существует альтернативный способ охлаждения без применения компрессоров и другого энергоемкого оборудования – фрикулинг (free-cooling, свободное охлаждение) [16]. Существует три основных типа, которые имеют разный вспомогательный механизм и эффективность. Прямой фрикулинг, при котором наружный воздух засасывается, фильтруется и подаётся непосредственно в машинный зал, является самым энергоэффективным (PUE до 1,05–1,10), но требует низкой влажности и чистоты воздуха. Косвенный фрикулинг подразумевает, что наружный и внутренний воздух разделены теплообменником (обычно пластинчатым), вследствие чего загрязнения и влага не попадают в зал, но эффективность несколько ниже чем у прямого варианта. Вариант, когда перед теплообменником распыляется вода, при испарении она дополнительно охлаждает воздух на 5–10°C, позволяя использовать фрикулинг при температуре наружного воздуха до +25...+30°C называется адиабатический фрикулинг.

Однако фрикулинг эффективен только в тех регионах, где большую часть года температура наружного воздуха не превышает +10...+15°C. В тёплом климате фрикулинг либо невозможен, либо требует гигантских поверхностей теплообменников и большого расхода воды на адиабатику.

Большинство традиционных ЦОД располагаются в густонаселенных регионах с большим скоплением энергопотребителей (Северная Вирджиния, Франкфурт, Лондон, Сингапур, Московский регион), которые имеют ряд проблем [4]. PUE может опускаться ниже 1,3–1,4 даже у новых ЦОД из-за неэффективного использования фрикулинга по причине высоких летних температур (регулярно выше +30°C) и среднегодовых +8...+12°C. Также возникает дефицит электроэнергии, поскольку ЦОД на 100–200 МВт создаёт нагрузку, сопоставимую с заводом, что приводит к мораториям на подключение в Ирландии, Сингапуре, Вирджинии и ограничениям в Московском регионе. В засушливых регионах, таких как Калифорния и Испания, возникают конфликты на фоне высокого водопотребления центров обработки данных (5–10 тыс. м³ в день на 100 МВт).

В ответ на эти проблемы крупные IT-корпорации начали осваивать холодные регионы — тренд «северной миграции». Скандинавские страны, такие как Швеция, Финляндия, стали одними из первых, кто приобщился к современным и инновационным местам установки ЦОД. Так, например, Meta, Google, Microsoft строят

ЦОД с PUE 1,10–1,15, используя гидроэнергию и морскую воду. Канада, в свою очередь, развивает проекты в Квебеке и Альберте, в том числе с когенерацией тепла. Норвегия привлекает дешёвой гидроэнергией и холодным климатом и реализует проект установки ЦОД возле холодного фьорда на месте заброшенной шахты [7].

Говоря о российских возможностях, нельзя не упомянуть Республику Саха, Якутия, которая обладает уникальным сочетанием природно-климатических, энергетических и географических факторов, способных обеспечить конкурентоспособность региона на глобальном рынке размещения центров обработки данных.

Климат Якутии характеризуется экстремально низкими среднегодовыми температурами и продолжительным холодным периодом, благодаря чему на протяжении большей части года существует техническая возможность организации охлаждения серверного оборудования наружным воздухом без использования компрессорных холодильных машин. Расчётное значение энергоэффективности (PUE) для ЦОД, проектируемых с применением технологий свободного воздушного и косвенного испарительного охлаждения, оказывается значительно ниже, чем в московском регионе, на Дальнем Востоке и в европейских локациях. Таким образом, можно сказать, что по потенциалу снижения операционных затрат на охлаждение Якутия занимает одно из лидирующих положений благодаря климатическому фактору.

Территория республики отличается низкой плотностью населения и значительными свободными земельными ресурсами, что облегчает выбор площадок для крупных инфраструктурных объектов. По сейсмическим характеристикам основная часть пригодных для строительства районов относится к зонам умеренной и низкой сейсмичности, что не накладывает жёстких ограничений при возведении дата-центров высоких категорий надёжности. Транспортная доступность региона обеспечивается международным аэропортом, речным портом, железнодорожной магистралью и проектом мостового перехода через реку Лену, формирующим круглогодичный транспортный коридор. Относительная удалённость от основных кадровых центров компенсируется возможностью применения вахтового метода эксплуатации объектов.

Энергосистема Якутии и прилегающих районов Восточной Сибири опирается на крупные гидроэнергетические ресурсы, отличающиеся многолетней стабильностью. Данные наблюдений за несколько десятилетий подтверждают устойчивость запасов, что обеспечивает высокую предсказуемость выработки электроэнергии.

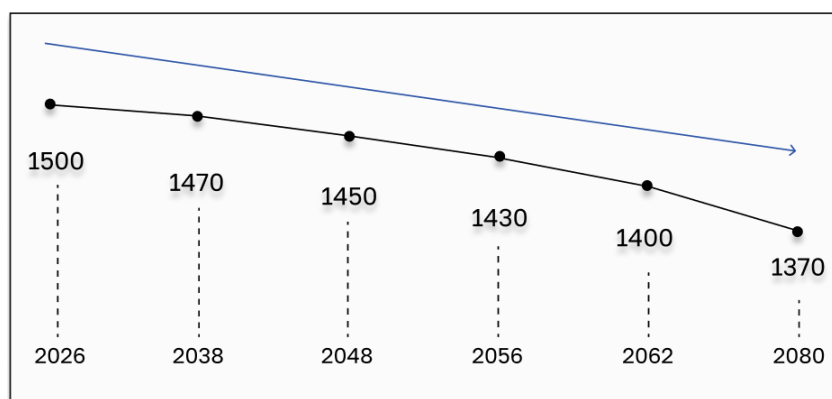


Рисунок 1. Динамика уровня запасов территории за 60-летний период, млрд м³.

Источник: составлено авторами.

Благодаря избытку генерирующих мощностей стоимость электроэнергии для промышленных потребителей в Сибири остаётся одной из самых низких в стране — в 2–2,5 раза ниже, чем в европейской части России [3].

Перспективы энергоснабжения ЦОД усиливаются масштабными проектами нового строительства. В Иркутской области начато возведение ТЭС «Усолье-Сибирское», в Забайкальском крае одобрен проект Забайкальской ТЭС [10]. В Усть-Янском районе Якутии «Росатом» реализует проект атомной станции малой мощности с реакторной установкой РИТМ-200Н, адаптированной к арктическим условиям, с планируемым пуском к 2031 г.

Проведенный анализ глобальных и российских тенденций развития центров обработки данных, а также оценка климатических, энергетических и инфраструктурных факторов позволяют перейти к конкретному практическому предложению по размещению объекта в Республике Саха, Якутия. Наиболее перспективной площадкой, соответствующей всем критериям устойчивости, является район Кысыл-Сыр, где определена геокриологически стабильная территория вне зоны паводкового затопления реки Вилюй, что обеспечивает минимальные риски деформации оснований и безопасность от наводнений. Интеграция ЦОД непосредственно в контур месторождений позволяет реализовать прямую схему «газ — генерация — ЦОД» с минимальной длиной газопровода, использовать существующую промышленную инфраструктуру и снизить сезонную неравномерность газопотребления, а экстремально низкие среднегодовые температуры дают возможность применить круглогодичный фрикулинг, благодаря чему расчётный коэффициент энергоэффективности PUE достигает значений 1,05–1,10. Предлагаемая конфигурация мощностей: 30 МВт — для промышленных компаний Якутии, 40 МВт — для майнинга как гибкой балластной нагрузки, 15 МВт — для высокопро-

изводительных вычислений и геологоразведки, 15 МВт — для резервных и облачных сервисов, позволяет комплексно решать задачи цифрового суверенитета, энергоэффективности и экономической целесообразности, что делает проект ЦОД в Кысыл-Сыре обоснованным с научно-практической точки зрения.

На основе анализа климатических, ресурсных и инфраструктурных условий в качестве оптимальной локации для строительства ЦОД выбран район посёлка Кысыл-Сыр на западе Якутии. Данная площадка обладает уникальным сочетанием факторов: многолетнемёрзлые устойчивые грунты правобережной возвышенности (вне зоны паводков реки Вилюй), наличие действующей газовой инфраструктуры, вахтового посёлка и магистрального газопровода.

Общая проектная мощность ЦОД составляет 100 МВт по ИТ-нагрузке. Архитектура построена по модульному принципу с разбивкой на четыре сегмента: промышленные компании (30 МВт), майнинг (40 МВт), НРС/AI (15 МВт), резерв и облачные сервисы (15 МВт). Такая структура обеспечивает диверсификацию нагрузки: стабильная долгосрочная выручка от промышленности, гибкая балластная нагрузка майнинга, высокая маржинальность AI-вычислений и резервирование.

Выбор типа установки является важным этапом разработки проекта (Таблица 1). Только газопоршневые установки (ГПУ) обеспечивают номинальную мощность 100 МВт круглый год независимо от температуры наружного воздуха. При -50°C после прогрева ГПУ выходит на 100% мощности, при $+40^{\circ}\text{C}$ также сохраняет полную мощность. Кроме того, модульность позволяет поэтапный ввод мощности, резервирование N+1 и ремонт без остановки ЦОД. На основе этого анализа в качестве основной генерации выбраны ГПУ суммарной мощностью 100 МВт, например, 5 модулей по 20 МВт.

Таблица 1. Сравнение типов газовой генерации для условий Якутии.

Критерий	ГТУ (газотурбинная)	ПГУ (парогазовая)	ГПУ (газопоршневая)
Мощность при –50°C	50–65 МВт	50–65 МВт (как ГТУ)	100 МВт
Мощность при +40°C	80–85 МВт	80–85 МВт	100 МВт
Потребность в воде	нет	да (критично)	нет
Сложность / CAPEX	средняя	очень высокая	средняя
Ремонт в удалённом регионе	сложно	очень сложно	возможно
Потребление газа на полную мощность	сложно обеспечить	очень сложно	возможно
Модульность	низкая	низкая	высокая (5–7 модулей)

Источник: составлено авторами на основе [6; 15].

Система охлаждения может быть построена по гибриднему принципу с приоритетом использования фрикулинга. В холодный и переходный период – октябрь–апрель, а также май и сентябрь, когда температура наружного воздуха ниже +10°C, применяется прямой или косвенный фрикулинг. В летние месяцы (июнь–август), когда температура поднимается до +20 – 30°C, используется косвенный фрикулинг с адиабатическим доохлаждением.

Среднегодовой расчётный PUE составляет 1,16. Фрикулинг используется 6 552 часа в год,

усиленный летний режим с адиабатикой — 2 208 часов. Такая схема обеспечивает минимальное энергопотребление инженерных систем и соответствует лучшим мировым практикам.

Для оценки эффективности проекта была построена экономическая модель с ключевыми необходимыми показателями, которая учитывает сезонную динамику температур, режимы охлаждения, поэтапный ввод мощности, инфляцию и налоговые льготы гипотетического режима территории опережающего развития (Таблица 2).

Таблица 2. Ключевые финансовые результаты проекта.

Показатель	Значение
NPV (чистая приведённая стоимость), млрд руб	6,04
IRR (внутренняя норма доходности), %	15,6
Суммарный FCF (свободный денежный поток), млрд руб	19,17
Суммарная выручка без НДС, млрд руб	83,80
WACC, %	8
Суммарный OPEX, млрд руб	41,64
Первый положительный EBITDA, месяц	21
Первый положительный EBIT, месяц	32
Первый положительный FCF, месяц	58

Источник: составлено авторами.

Капитальные затраты (CAPEX) по среднему сценарию оцениваются в 35,6 млрд рублей – IT-инфраструктура, майнинговые контейнеры, ГПУ, AI-стойки. С учётом льгот и готовой инфраструктуры чистый CAPEX принят на уровне 19,6 млрд рублей. Амортизация — линейная, 20 лет.

Операционные расходы (OPEX) включают затраты на газ, 10 руб/м³ с индексацией 8% годовых, фонд оплаты труда 25 человек, 184 тыс. руб/мес, страховые взносы 7,6%, сервис и администрирование (пропорционально газовым затратам), а также налог на имущество 1,1% после 60-го месяца.

Выручка формируется от продажи IT-услуг по тарифу 5 000 руб/МВт.ч с индексацией и ростом коммерческого множителя до 4,02 за счёт AI/HPC-нагрузок. Модель предполагает плавный выход на полную мощность, ввод от 10% до 100% за 72 месяца, загрузка от 70% до 95% за 84 месяца.

Таким образом, разработанная финансовая модель подтверждает экономическую целесообразность проекта. Значение внутренней нормы доходности – IRR = 15,6%, почти вдвое превышает стоимость капитала – WACC = 8%, что свидетельствует о высокой инвестиционной привлекательности. Положительный свободный денежный поток достигается уже на 33-й месяц, а положительная EBITDA — на 21-й месяц, что говорит об умеренном сроке окупаемости. Суммарный свободный денежный поток за 10 лет составляет 19,17 млрд рублей при совокупной выручке 83,8 млрд рублей. Даже без учёта дополнительных эффектов от утилизации тепла проект остаётся устойчивым к основным рискам и может быть рекомендован к реализации.

При практической реализации проекта необходимо учитывать комплекс природно-техногенных рисков, требующих инженерного нивелирования. К основным рискам относятся: сезонный дефицит газа в зимний период, что компенсируется увеличением общей добычи и подключением резервного месторождения; термокарстовые просадки фундаментов из-за деградации многолетней мерзлоты, предотвращаемые забивными сваями с термостабилизацией грунта и непрерывным мониторингом его температуры; затопление площадки при паводках реки Вилюй, устраняемое устройством дренажных каналов и насосных станций с размещением всех модулей на высоких свайных фундаментах выше расчётного уровня паводка; потеря мощности газопоршневой установки при экстремальных отрицательных температурах, нивелируемая предварительным подогревом газа и утеплением технологических контуров; а также риск перегрева машинного зала в летний период,

который снижается за счёт применения косвенного фрикулинга с адиабатическим увлажнением и резервных чиллеров. Предложенные способы нивелирования позволяют обеспечить требуемый уровень надёжности ЦОД в климатических и геокриологических условиях.

Интеграция прямого газоснабжения, модульной газопоршневой генерации и круглогодичного фрикулинга позволяет достичь рекордного для России расчётного PUE на уровне 1,05–1,10, а построенная финансовая модель демонстрирует высокую инвестиционную привлекательность с внутренней нормой доходности 15,6% и выходом на положительный свободный денежный поток уже на третий год эксплуатации. Реализация проекта не только обеспечит энергоэффективную и отказоустойчивую инфраструктуру для промышленности, высокопроизводительных вычислений и облачных сервисов, но и внесёт весомый вклад в укрепление цифрового суверенитета России, эффективное освоение ресурсного потенциала Восточной Сибири и развитие территорий с экстремальными климатическими условиями.

Список литературы:

- [1] Базлуцкая М., Сытник А. Геополитика центров обработки данных: опыт США и Китая – выводы для России // Российский совет по международным делам (РСМД) : аналит. доклад. – 2025. – 90 с.
- [2] Главный показатель энергоэффективности современных ЦОД // contell.ru URL: <https://contell.ru/pue-glavnyj-pokazatel-energoeffektivnosti-sovremennyh-czod/> (дата обращения: 25.05.2026).
- [3] Горбачева Н.В. Действительная стоимость электроэнергии в Сибири: анализы выгод и издержек // Экономический журнал ВШЭ. 2020. №3. С. 340–371.
- [4] ИИ-бум и трансформация глобальной энергетики: как дата-центры превращаются в ключевого потребителя // eprussia.ru URL: <https://www.eprussia.ru/market-and-analytics/8514313.htm> (дата обращения: 25.05.2026).
- [5] Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ. Прогноз развития отрасли ЦОД до 2030 года // ComNews. – 2025. – 31 октября. – URL: <https://www.comnews.ru/content/242141/2025-10-31/2025-w44/1009/energopotreblenie-centrov-obrabotki-dannykh-rf-k-2030-godu-vyrastet-25-raza> (дата обращения: 25.05.2026).
- [6] Мутугуллина И. А. Сравнительный анализ газопоршневой и газотурбинной установок в контексте решения проблем энергосбережения // Вестник Казанского технологического университета. 2014. №12. С. 373–375.

[7] Накормить форель и обогреть Стокгольм: что делают техногиганты ради развития ИИ // *forbes.ru* URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/548967-nakormit-forel-i-obogret-stokgol-m-cto-delaut-tehnogiganty-radi-razvitia-ii> (дата обращения: 25.05.2026).

[8] Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» // Правительство России. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/> (дата обращения: 25.05.2026).

[9] Нужно больше холода. Что происходит с ИИ-инфраструктурой // РБК Компании. URL: <https://companies.rbc.ru/news/PQoeW4Btil/nuzhno-bolshe-holoda-chto-proishodit-s-ii-infrastrukturoj/> (дата обращения: 25.05.2026).

[10] Сибирь согреет генерация [Электронный ресурс] // *Коммерсантъ*. – 2025. – 30 декабря. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7734420> (дата обращения: 25.05.2026).

[11] Системы охлаждения для ЦОД: Полный обзор методов и технологий // *gekkold.ru* URL: <https://gekkold.ru/info/blog/2025/cooling-systems-for-data-centers> (дата обращения: 25.05.2026).

[12] Терентьева С.А. Развитие банковской системы в условиях цифровизации экономики // Анагенез управления финансами реального сектора экономики, мезо- и макроуровня: гарантии, пути достижения и угрозы финансового благополучия. – Москва: Государственный университет управления, 2024. – С. 347-350.

[13] Шаркова А. В., Семенова К. Э. Внедрение цифровых моделей в газовой отрасли: состояние и развитие / А. В. Шаркова, К. Э. Семенова // *Экономика строительства*. – 2026. – № 2. – С. 342-345.

[14] Шемякинская Е. Москва исчерпала энергию для дата-центров: новые ЦОДы не подключают к сетям // *HighTech.plus*. URL: <https://hightech.plus/2026/02/06/moskva-ischerpala-energuyu-dlya-data-centrov-novie-codi-ne-podklyuchayut-k-setyam> (дата обращения: 25.05.2026).

[15] Энергоцентр 10 МВт: Технологическая битва. // *manbw.ru* URL: <https://manbw.ru/analitics/energocentr-10-mvt-tekhnologicheskaya-bitva-gazovye-turbiny-protiv-gpu-hunan-liyu.html> (дата обращения: 25.05.2026).

[16] Ярмухаметов И.Т., Бабенко А.Г. Снижение эксплуатационных затрат ЦОД путем внедрения системы фрикулинга // Уральская горная школа - регионам. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2025. – С. 658-659.

References:

[1] Bazlutskaya M., Sytnik A. Geopolitics of data processing centers: the experience of the USA

and China – conclusions for Russia // *Russian International Affairs Council (RIAC): analytical report*. – 2025. – 90 p.

[2] The main indicator of energy efficiency of modern data centers // *contell.ru* URL: <https://contell.ru/pue-glavnyj-pokazatel-energoeffektivnosti-sovremennyh-czod/> (date of access: 05/25/2026).

[3] Gorbacheva N.V. The actual cost of electricity in Siberia: cost-benefit analysis // *HSE Economic Journal*. 2020. No. 3. pp. 340-371.

[4] The AI Boom and the Transformation of Global Energy: How Data Centers Are Becoming a Key Consumer // *eprussia.ru* URL: <https://www.eprussia.ru/market-and-analytics/8514313.htm> (Accessed: 25.05.2026).

[5] Ministry of Digital Development, Communications, and Mass Media of the Russian Federation. Forecast for the Development of the Data Center Industry until 2030 // *ComNews*. – 2025. – October 31. – URL: <https://www.comnews.ru/content/242141/2025-10-31/2025-w44/1009/energopotreblenie-centrov-obrabotki-dannykh-rf-k-2030-godu-vyrastet-25-raza> (Accessed: 25.05.2026).

[6] Mutugullina I. A. Comparative Analysis of Gas Piston and Gas Turbine Units in the Context of Solving Energy Saving Problems // *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2014. No. 12. pp. 373-375.

[7] Feed the Trout and Warm Stockholm: What Tech Giants Are Doing for the Development of AI // *forbes.ru* URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/548967-nakormit-forel-i-obogret-stokgol-m-cto-delaut-tehnogiganty-radi-razvitia-ii> (date accessed: 25.05.2026).

[8] National Project “Data Economy and Digital Transformation of the State” // Government of the Russian Federation. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/923/about/> (accessed: 25.05.2026).

[9] More Cold Is Needed. What’s Happening with AI Infrastructure // *RBC Companies*. URL: <https://companies.rbc.ru/news/PQoeW4Btil/nuzhno-bolshe-holoda-chto-proishodit-s-ii-infrastrukturoj/> (accessed: 25.05.2026).

[10] Siberia Will Be Warmed by Generation [Electronic Resource] // *Kommersant*. – 2025. – December 30. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7734420> (accessed: 25.05.2026).

[11] Cooling Systems for Data Centers: A Complete Review of Methods and Technologies // *gekkold.ru* URL: <https://gekkold.ru/info/blog/2025/cooling-systems-for-data-centers> (accessed: 25.05.2026).

[12] Terentyeva S.A. Development of the Banking System in the Context of Digitalization of the Economy // *Anagenesis of Financial Management of the Real Sector of the Economy, Meso- and Macrolevels: Guarantees, Ways to Achieve and*

Threats to Financial Well-Being. - Moscow: State University of Management, 2024. - Pp. 347-350.

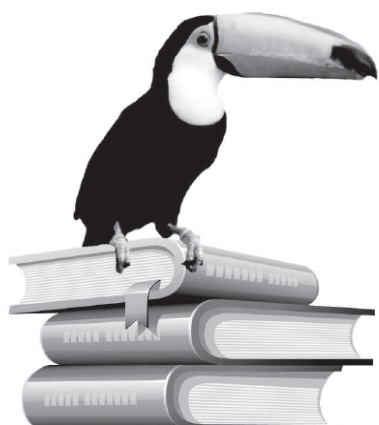
[13] Sharkova A.V., Semenova K.E. Implementation of Digital Models in the Gas Industry: Status and Development / A.V. Sharkova, K.E. Semenova // Construction Economics. - 2026. - No. 2. - Pp. 342-345.

[14] Shemyakinskaya E. Moscow has run out of energy for data centers: new data centers are not being connected to the grid // HighTech.plus. URL: <https://hightech.plus/2026/02/06/moskva-ischerpa-la-energiyu-dlya-data-centrov-novie-codi->

[ne-podklyuchayut-k-setyam](#) (date of access: 25.05.2026).

[15] 10 MW Power Center: Technological Battle. // manbw.ru URL: <https://manbw.ru/analytics/energocentr-10-mvt-tekhnologicheskaya-bitva-gazovye-turbiny-protiv-gpu-hunan-liyu.html> (date of access: 25.05.2026).

[16] Yarmukhametov I.T., Babenko A.G. Reducing operating costs of data centers by implementing a free-cooling system // Ural Mining School - to the regions. - Yekaterinburg: Ural State Mining University, 2025. - P. 658-659.



ЮРКОМПАНИ

www.law-books.ru

Юридическое издательство

«ЮРКОМПАНИ»

Издание учебников,
учебных и методических
пособий, монографий,
научных статей.

Профессионально.

В максимально
короткие сроки.

Размещаем
в РИНЦ, E-Library.