

УДК 330.1

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-55

Покровская Надежда Николаевна^{1, 2},

¹ профессор кафедры Инновационного менеджмента,

² профессор Высшей школы медиакоммуникаций

и связей с общественностью,

канд. экон. наук, д-р социол. наук, профессор

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БАЛАНСА МЕЖДУ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕМ И ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

¹ Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина);

² Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого; ^{1, 2} nnp@spbstu.ru

Аннотация. Регуляция поведения экономических субъектов определяет приоритеты развития. Цифровые технологии, с одной стороны, требуют прироста энергопотребления, с другой, дают возможность существенной экономии энергии и в целом, заметного ресурсосбережения. Энергетика в течение последних двух десятилетий получала низший приоритет по сравнению с геополитическими задачами развитых стран по сдерживанию роста развивающихся глобальных субъектов. ESG-регуляция использовалась как инструмент протекционизма и поддержания преимуществ развитых стран, которые активно проводили цифровую трансформацию своих экономик одновременно с созданием «зелёной» инфраструктуры. В данной статье проводится системный анализ экономико-политических и социально-управленческих факторов, приводящих к сбалансированному выпуску и потреблению электроэнергии с учётом цифровой трансформации на макроэкономическом уровне.

Ключевые слова: цифровая трансформация, протекционизм, энергосбережение, энергопотребление, модернизация, инфраструктура, экономика знаний.

Nadezhda N. Pokrovskaja^{1, 2},

¹ Professor of the Department of Innovation Management;

² Professor of the Graduate School of Media Communications

& Public Relations,

Candidate of Economic Sciences, Doctor of Social Science, Professor

MULTI-CRITERIA MODEL OF BALANCING ENERGY CONSUMPTION AND ENERGY SAVING IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

¹ St. Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg, Russia;

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia;

^{1, 2} nnp@spbstu.ru

Abstract. Regulation of the economic behavior fixes development priorities. Digital technologies require an increase in energy consumption, but they provide the opportunity for significant energy savings and, in general, noticeable resource conservation. Energy has

over the past two decades been given a lower priority compared to the geopolitical objectives of developed countries to contain the growth of emerging global entities. ESG regulation was used as a tool of protectionism to maintain the advantages of developed countries that were actively pursuing the digital transformation of their economies simultaneously with the creation of green infrastructure. This article provides a systematic analysis of economic, political and socio-managerial factors leading to balanced production and consumption of electricity at the macroeconomic level in the context of digital transformation.

Keywords: digital transformation, protectionism, energy saving, energy consumption, modernization, infrastructure, knowledge economy.

Введение

Объем ресурсных потоков, вовлечённых в корпоративное цифровое развитие, по-новому поставил вопросы общественного развития стран и регионов, с учётом как социально-экологического благополучия, так и планирования перспектив макроэкономического регулирования [28].

В 2015 г. цифровые технологии потребляли 3.6 % от глобального объёма электроэнергии [22]. Сегодня только дата-центры потребляют около 200-250 ТВт*ч электроэнергии в год [7] (1 % общемирового спроса на электроэнергию [23]). Три цифровых гиганта (Alphabet's Google, Microsoft, признанная экстремистской организацией и запрещенная на территории РФ Meta Platforms) потребляют более 2 млрд. кубических метров пресной воды для охлаждения серверов в 2022 г. (что вдвое превышает годовое потребление воды Дании) [17], причём, как отметили исследователи [21], только 39 % компаний согласны предоставлять данные о потреблении ресурсов, остальные ссылаются на конфиденциальность и отказываются отвечать на вопросы.

Энергетический сектор играет стратегическую роль для развития стран и регионов. Продвижение на первый план требований социальной ответственности бизнеса, заботы о природной среде и законодательное закрепление экологических ограничений сместили приоритеты от роста производства энергии к энергосбережению [19]. Инвестиционный анализ внедрил сбалансированный ESG-подход к оценке устойчивости доходов, ожидаемых от финансовых вложений в компанию, с учётом рисков внешней среды (society, environment) и эффективности корпоративного управления (governance). Требования макроэкономической эффективности выразились, например, в либерализации энергетического рынка [10].

Стремительное расширение цифровых технологий для обеспечения экономической эффективности вновь вернуло «маятник» общественного интереса к производству электроэнергии и развитию энергетического сектора [8]. Под вопрос была поставлена целесообразность сдерживания цифровизации путём сокращения потребления электроэнергии.

Таким образом, растущие потребности цифровизации как средства повышения эффективности функционирования экономических субъектов

(включая ресурсосбережение как результат цифровой трансформации) в сочетании с попытками ряда государств навязывать приоритеты ESG-политики как глобальную повестку переводит энергосбережение из технологической задачи в геоэкономическую проблему:

- ESG-подход ставит задачи гармоничного долгосрочного планирования модернизации развитой сетевой инфраструктуры,

- развивающиеся страны проектируют и реализуют строительство значительных объемов новых сетей и телекоммуникационных объектов, ESG-регуляция сдерживает такое строительство, ставя бывшие колонии в неравновесное положение по сравнению с бывшими метрополиями и углубляя цифровой разрыв [24].

Рыночные цифровые коммуникации повышают комфорт и удобство повседневной жизни [14], качество инфраструктуры и жизненной среды определяет привлекательность государств для человеческого капитала, что связывает задачи макроэкономического роста с развитием общества.

1. Постановка задачи

1.1. Описание предметной области

Построение энергетических экосистем в развитых и развивающихся странах ставит разные проблемы для национальной экономической политики:

- в развитых странах необходима модернизация энергетической инфраструктуры, включая обновление оборудования и расширение источников энергии для обеспечения разнообразия и удешевления энергии на основе распределённых подходов;

- в развивающихся странах необходимо создание электросети, строительство новых электростанций, формирование системы использования энергоёмкого оборудования.

Цифровые технологии существенно упрощают и, соответственно, удешевляют оптимизацию энергетического баланса и регулирование энергетического сектора. В этой связи, цифровая трансформация создаёт новые траектории развития, например, КНР одновременно расширяет производство энергии, включая все ресурсные источники (углеводороды, энергия солнечного света и ветра, водород и др.) и способы производства и аккумулирования (как электростанции, так и гидроаккумулирующие и твердотельные аккумулирующие станции) [3].

Баланс между экономико-технологической эффективностью и геополитическими задачами национальной протекционистской политики различается в зависимости от степени развития, распространения и покрытия и уровня модернизации энергетической инфраструктуры. Если план ГОЭЛРО (постановление «О плане электрификации России» было принято Советом Народных Комиссаров 22 декабря 1920 г.) позволил в значительной мере обеспечить покрытие территории Советского Союза

сетями транспортировки электроэнергии, если после победы в Великой Отечественной войне Единая энергосистема дополнилась трубопроводной сетью снабжения нефтью и газом, то для большинства стран БРИКС и развивающихся стран сам вопрос снабжения электроэнергией сегодня является проблемным.

Цифровизация приводит к росту потребления электроэнергии, что, на поверхностный взгляд противоречит задачам энергосбережения: так, например, компания OpenAI в 2021 г. потратила 1,287 МВт·ч на тренировку искусственного интеллекта GPT-3 [15].

С другой стороны, внедрение анализа данных и интеллектуального управления способствует экономии всех ресурсов, например, технологии умного города и умного дома обеспечивают снижение потребления электроэнергии на 10 % [25].

При этом, географическое размещение отражает стремление использовать региональные преимущества, например, если сельское хозяйство нуждается в более тёплом климате (теплицы в северных регионах требуют больше энергии для обогрева, чем в странах с умеренным климатом) и водоснабжении (можно привести в качестве примера и оросительные системы древних Египта, Вавилона, Китая, и систему сберегающего орошения в Израиле), то цифровая экономика использует холодные регионы для снижения энергозатрат на отвод избыточного тепла в центрах обработки данных, ЦОД (например, использование естественного охлаждения в условиях Арктики способно в отдельных случаях существенно сократить операционные затраты ЦОДа [1, 28], например, зона дата-центров Node Pole на севере Швеции расположена в 80 км от Северного Полярного круга).

1.2. Определение проблемы

Таким образом, для решения задачи построения сбалансированной модели производства и потребления энергии региона и страны с учётом ресурсосбережения и оптимизации макроэкономических процессов следует сформировать таксономическую иерархию критериев.

В данной статье предпринята попытка предложить многокритериальную модель баланса интересов для оптимального регулирования энергопотребления, производства энергии и возможностей энергосбережения в контексте цифровой трансформации.

2. Методы

В статье представлен анализ ряда кейсов и статистических данных по влиянию ESG-регуляторов на развитие энергетического сектора и последующего влияния цен на электроэнергию на развитие цифровой трансформации и роста цифровой экономики.

Абдуктивный метод позволил сформулировать ряд гипотез, анализ ряда макроэкономических статистических данных позволил провести их предварительную проверку.

3. Анализ факторов для моделирования системы регулирования энергопотребления в цифровой экономике

3.1. Противоречия индивидуального и коллективного действия

Можно рассмотреть соотношение развития цифровой экономики в двух плоскостях:

– выбор между экономической эффективностью и конформностью ESG-требованиям приводит к необходимости одновременного поиска дешёвых и нормативно стимулируемых источников энергии (например, при повышении налогообложения традиционных ископаемых углеводородных источников энергии и предоставлении субсидий на применение возобновляемой энергии смещает баланс частного интереса в пользу более дорогостоящей для общества в целом энергии от возобновляемых источников), соответственно, цена стимулирования инвестирования в технологически менее рациональные, но ESG-конформные источники энергии перекладывается на потребителей и налогоплательщиков;

– выбор между краткосрочной и долгосрочной позицией на рынке хорошо иллюстрирует поведение КНР в области экологического регулирования: вплоть до 2007–2009 гг. китайское государство было достаточно лояльно к загрязнению окружающей среды предприятиями, прежде всего, принадлежащими инвесторам из США и западной Европы, но с введением более жёстких мер экономического давления в 2008–2009 гг. со стороны развитых стран (которые были вынуждены искать дополнительные ресурсы для финансирования своих национальных экономик в период финансового кризиса) и с сокращением мирового совокупного спроса на продукцию массового промышленного производства, китайское правительство приняло решение о переориентации на внутренний спрос и повышении социальных и экологических стандартов. В результате, уже в 2014–2016 гг. США вводят протекционистские меры (штрафы) против компании ZTE [27], затем с 2018 г. формируется комплексное давление на китайских IT-гигантов, включая Huawei, Hikvision, Huya и др.

Первый, тактический выбор состоит в принятии управленческих решений инвесторов об ожидаемых в кратко- и среднесрочном периоде доходах от вложений средств в те или иные компании.

Второй выбор носит стратегический характер и отражает решение о плане долгосрочного инвестирования для частных и государственных субъектов.

На пересечении двух плоскостей, которые отражают оперативный подход к инвестированию и геополитический подход к планированию, располагается пространство решений о приоритетности ESG-регуляторов для конкретных стран и региональных групп.

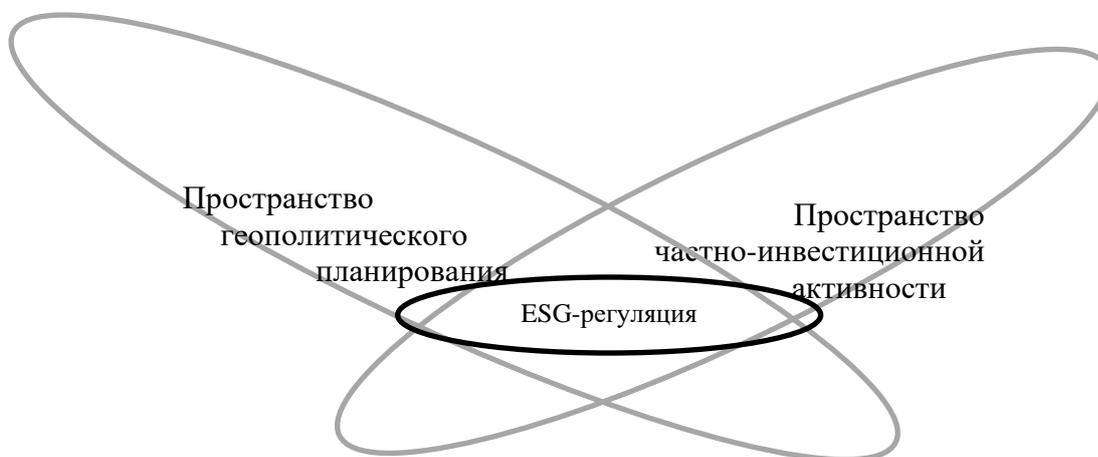


Рис. 1. Регуляция социально-экологической повестки в разных макроэкономических контекстах

Эволюция концепций экономического роста, в частности, подход О. Галора — Д. Уайла [18], свидетельствует о преодолении ресурсной ограниченности на основе инновационного технологического развития, НТП (научно-технического прогресса) в советской терминологии, что, в свою очередь, даёт перспективы решения задач энергоснабжения цифровой экономики при эффективном планировании регионального размещения (районирования, в терминах советской экономической школы [20, 13, 26]) компонентов цифровой экономики. Можно предположить, что глубокие корни экономического знания, лежащие в области управления ограниченными ресурсами, в реальном процессе принятия решений предпринимательскими субъектами и государственными регулирующими органами сегодня постепенно смещаются от принципа геополитического захвата ресурсов на рынке к концепции планирования долгосрочной экономико-технологической эффективности с учётом ESG не как инструмента частного инвестора на рынке, а как модели выбора ориентиров в социально-экологической и экономико-технологической системе координат.

В специализированной экономической литературе можно выявить смещение от узко-финансового восприятия ESG-концепции как инструмента частного инвестора, помогающего ему принять стратегию снижения риска вложений с максимальным ожидаемым доходом (в этом случае, социально-экологические аспекты рассматриваются как источники риска для роста компании и котировок её акций или её рыночной стои-

мости) в условиях неопределённой среды, к целостному ESG-подходу как способу планировать долгосрочную деятельность групп людей (включая корпоративные структуры и национальные государства) с учётом целей гармонии и устойчивого развития.

Можно отразить эти подходы следующим образом (рис. 2).

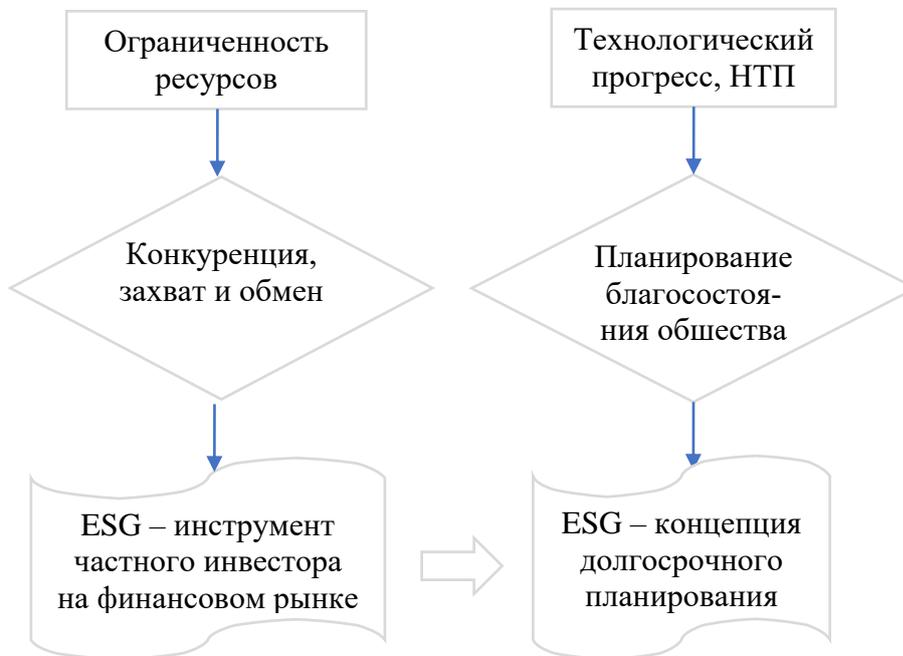


Рис. 2. Регуляция социально-экологической повестки в разных макроэкономических контекстах

На примере развития энергетического сектора в условиях потребностей в электроснабжении для цифровой трансформации можно увидеть, что ключевыми аспектами в 2010–2020 гг. выступал анализ сдерживания энергетики невозобновляемых источников и сокращения потребления (например, расчёт Кэмбриджского индекса потребления электроэнергии биткойна отражал озабоченность общества вопросами влияния майнинга на природную среду [16]) и одновременно расширялись исследования в сфере цифровой трансформации бизнеса и системы государственного администрирования. Отметим, что баланс требует учитывать как мотивы и интересы частного инвестора (распределяющего свои средства между вложением в бизнес и немедленным расходованием на потребление), так и соображения долгосрочного коллективного благосостояния:

– либеральная экономическая политика («богатая страна — это страна богатых людей») хорошо функционирует в ситуации стабильного роста при отсутствии дефицитов значимых ресурсов (паутинообразная модель спроса и предложения Л. Вальраса при высокой эластичности спроса, т. е. в её версии, стремящейся к равновесию);

– мобилизационная экономика отражает регуляционные подходы к модели спроса и предложения при низкой эластичности спроса (модель Л. Вальраса, стремящаяся к расхождению) и наличии дефицита ресурсов, что релевантно для развивающихся стран, особенно, бывших колоний (из которых ресурсы черпала метрополия), либо для инновационного роста стран и регионов, в ситуации постоянного обновления и преобразований, например, при цифровой трансформации.

Применительно к цифровой трансформации, рентабельность крупных корпоративных бизнесов, построенных на цифровых технологиях, определяет силу отраслевого лоббирования интересов таких компаний, как в силу их роли налогоплательщиков и работодателей, так и в силу стратегического значения инфраструктурных телекоммуникационных технологий для связанности территорий в долгосрочной перспективе.

В связи со сказанным, нельзя упрощённо рассматривать интересы частного инвестора как противодействующий фактор для коллективного развития: вклад частного бизнеса, организующего внедрение цифровых технологий и проводящего цифровую трансформацию в эффективных формах, приносящих бизнесу прибыль, имеет содержательную природу, поскольку потребители цифровых сервисов готовы платить за более выгодные, быстрые и удобные решения. Таким образом, ответственность частного бизнеса перед обществом состоит в качественном выполнении своей прямой основной деятельности, а также в уплате налогов, заботе об окружающей среде и социальном благополучии затрагиваемых этим бизнесом индивидов и групп. Так, например, использование технологии «freecooling» позволяет отводить излишки тепла из машинных залов дата-центров в приполярных регионах наружу либо в системы отопления.

ЦОД Google в Хамине (Hamina), в Финляндии, построенный компанией в бывших зданиях бумажной фабрики лесопромышленной группы Stora Enso, использует для охлаждения серверов морскую воду, закачиваемую из Финского залива. Низкая точка замерзания соленой воды позволяет охлаждение без чиллеров, только с помощью насосов и теплообменников. Это выгодно благодаря более прохладному климату, например, атомные электростанции во Франции, применяющие прямоточное охлаждение, летом 2022 и 2023 гг. были вынуждены снижать мощность из-за жары (экологические нормативы запрещают сливать горячую воду в реку, чтобы не вредить экосистеме) [3].

Следует отметить, что в Финляндию не идут трансатлантические кабели (как в Норвегию и Данию), но она соединена с Данией, Эстонией, Латвией, Литвой, Польшей, Германией и Швецией, по кабелям в Балтийском море, поэтому выбор Google определяется уже существующими

ющей инфраструктурой связи и требованиям к скорости доставки данных, так, дата-центр в г. Хамина позволил снизить время ожидания доступа для пользователей Скандинавии и восточной Европы [4]. Поэтому компания Google осваивает не только ресурсосберегающую технологию, но и улучшает условия обслуживания на рынке Европы. Кроме того, до февраля 2022 г. в Финляндии были достаточно низкие тарифы на электроэнергию, что делало дата-центр особенно экономически привлекательным.

Кроме того, нередко бизнес реализует ресурсосберегающий подход, позволяющий и сокращать издержки, и получать поддержку государства. Так, по Закону США о снижении инфляции (Inflation Reduction Act, подписан 16 августа 2022 г.), иностранные компании, переводящие своё производство на территорию США, получают существенные субсидии из федерального бюджета США и благоприятный налоговый режим (15 % ставка корпоративного налога на прибыль) [12]. В этой связи, японская компания Panasonic начала в 2022 г. строительство нового завода по производству аккумуляторов для электромобилей в Канзасе, для которого потребуется электроэнергия. Для строительства был заключён договор с энергетической компанией Evergy и Корпоративной Комиссией Канзаса о продолжении работы угольной электростанции Лоуренс до 2028 г., хотя округ Джонсон планировал закрыть угольную электростанцию, но в итоге был принят план перехода с угля на газ. Завод будет потреблять 200–250 МВт, стоимость завода в 4 миллиарда долларов, при этом японская компания планирует получить в сумме 8 млрд. долларов субсидий — из федерального бюджета США на переезд иностранных компаний (6,8 млрд), от штата и местных властей для поддержки завода.

В северных широтах России развитию цифрового оборудования мешала нехватка электроэнергии, но в последние годы РосАтом разрабатывает малые атомные электростанции, например, в декабре 2019 г. в городе Певек Чукотского автономного округа была введена в эксплуатацию плавучая атомная теплоэлектростанция (ПАТЭС) «Академик Ломоносов» [6]. Вместе с тем, для стран, расположенных ближе к экватору, размещение дата-центров из соображений энергосбережения в северных или южных широтах ставит вопрос контроля над данными.

Так, например, 25 апреля 2022 г., дата-центр Яндекса в г. Мянтсяля, Финляндия, был отключен от основного источника электропитания и переключен на дизельный генератор. В финской электроэнергетической компании Imatar Energy Oy подтвердили отключение электричества в ЦОД Яндекса в Мянтсяля и отказались назвать причины расторжения договора. Яндекс не включен в санкционные списки, но в середине марта

2022 г. под санкции ЕС попал до недавнего времени главный управляющий директор Yandex N.V. (головная компания для группы) Т. Худавердян, однако он покинул пост гендиректора, а впоследствии и совет директоров Yandex N.V. В июне 2021 г. Яндекс заключил соглашение на 5 лет с финской энергокомпанией Imatar Energy, которая управляет сетью ветряных электростанций. Планировалось, что переход на возобновляемые источники электроэнергии для сокращения углеродного следа произойдет в начале 2022 г.

ЦОД в Мянтсяля — один из 5 дата-центров «Яндекса», который был построен в 2014 г. и используется для работы с зарубежными компаниями. ЦОД подключен к двум независимым источникам энергии по 110 киловольт каждый и собственным дизельным генераторам. Часть генерируемого дата-центром тепла используется для нагрева воды примерно в тысяче домов округа в Финляндии. Кроме того, «Яндекс» является крупнейшим налогоплательщиком муниципалитета Мянтсяля [11].

Таким образом, протекционизм выступает значимым компонентом при принятии решения о выборе экономической политики государства в области энергетического развития и цифровой трансформации.

3.2. Моделирование системы регулирования энергопотребления в цифровой экономике

На основе перечисленных факторов, можно предложить следующий перечень факторов, которые могут определять энергетическую политику стран с учётом регулирования в контексте цифровой трансформации с учётом ресурсосбережения (табл. 1).

Сетевая связанность территорий определяет задачи устойчивого развития в рамках территориально-хозяйственных комплексов, которые изучались в советской экономической школе районирования, а сегодня широко реализуются в инфраструктурном проектировании.

Цифровая трансформация определяет как растущий спрос на энергию, так и возможности ресурсосберегающих технологий и практик. В этой связи, геополитические, экологические и социальные факторы рассматриваются как ключевые ограничения и, одновременно, ценностно-смысловые ориентиры для целеполагания разрабатываемых решений в сфере регулирования производства и потребления ресурсов, в частности, в области технологий производства энергии и энергосберегающих практик.

Факторы, определяющие выбор энергетической политики государств, регионов

Фактор	Содержание	Инструменты политики
Энергопотребление	Рост энергопотребления практически всегда связан с экономическим ростом. Развитие бизнеса самостоятельно определяет ресурсосберегающие подходы	Стимулирование объема производства энергии. Защита окружающей среды, поддержка углеродной нейтральности, сокращение отходов редкоземельных металлов
Цифровая трансформация как процесс	Рост потребности в энергии, цифровые технологии нуждаются в расширении источников энергии	Энергетический суверенитет и безопасность (надёжность энергоснабжения)
Цифровое оборудование и Умные сети	Ресурсосбережение	Стимулирование практик ресурсосбережения.
Стратегии рыночного лидерства	Частный бизнес реализует статистический оптимум, который становится результатом множества попыток и экспериментов	Поддержка частного бизнеса в его проектах цифровой трансформации при соблюдении технологического суверенитета
Долгосрочные геоэкономические стратегии	Сотрудничество между регионами со сходной культурой, ценностно-смысловой ориентацией	Выбор отраслевого лидерства, фундаментальный технологический суверенитет и энерго-безопасность
Институциональные ловушки	Модернизация имеющихся сетей и создание новых требуют разных подходов к энергетической отрасли. Инфраструктура и сети определяют материальную основу реализации целей. Цели ставятся в рамках поведенческих норм на основе ценностно-смыслового выбора	Оптимизация выбора политики по модернизации инфраструктуры. Формирование и закрепление культуры ресурсосбережения, рационального отношения к потокам ресурсов, идеологии и привычек как основы целеполагания
Геополитические игры	Международные организации и переговоры закрепляют интересы сторон на основе декларируемой идеологии, ценностей	Импортозамещение и протекционизм.

Заключение

Сегодня целесообразно говорить о более сбалансированном подходе, т. е. о заимствовании фундаментальной идеи ESG как гармонизации оценочных критериев в инструментальных моделях многокритериального выбора из частного инвестирования в сферу управления и регулирования в целом.

В данном материале была поставлена задача обосновать предварительный набор факторов, сгруппировать и структурировать их, провести их предварительную оценку для последующей формулировки исследовательских вопросов в области сбалансированного регулирования энергопотребления в контексте цифровой трансформации с учётом разнородности подходов к ESG-регуляции.

В работе был изучен ряд кейсов, в частности, показывающих (а) возможности цифровой трансформации для экономии ресурсов (ЦОДы в приполярных регионах с имеющимися источниками энергии), (б) возможности получения выгод от протекционистской политики государств и (в) проблемы обеспечения контроля и безопасности данных при выборе места расположения ЦОДов.

На основе типологии геополитических и геоэкономических мотивов и интересов показано, что государственная поддержка отраслевого и корпоративного развития может опираться на частные инициативы и проекты как статистическую проверку гипотез, но должна учитывать институциональную основу материального (сети, инфраструктура) и идеологического (культура, ценности, смыслы, традиции, привычки, знания и компетентность) проектирования политики.

Список литературы

1. Винюков А.А., Николаева К.В., Покровская Н.Н. Коммуникационные и управленческие вызовы развития северного морского пути и дальневосточных портов в новых геополитических условиях // Развитие инфраструктуры внутреннего водного транспорта: традиции, инновации (РИВВТ–2022): Сборник трудов межвузовской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 1 декабря 2022 г., Санкт-Петербург, Россия. Часть 2. – СПб.: Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 2023. – С. 51–53.

2. Гарин А.К., Покровская Н.Н., Шангутов А.О., Шангутов О.А. Цифровые технологии государственных функций и сетевые модели коммуникации социального предпринимательства // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. – 2022. – № 1. – С. 32–41. – DOI: 10.24412/1994-3776-2022-1-32-41.

3. Слишком теплая речная вода стала причиной вынужденного снижения производительности французских АЭС 15 июля // Gismeteo. – 15.07.2023. – URL: <https://www.gismeteo.ru/news/science/slishkom-teplaya-rechnaya-voda-stala-prichinoj-vynuzhdenного-snizheniya-proizvoditelnosti-francuzskih-aes> (дата обращения: 01.10.2023).

4. Коваленко К. Крупнейшие в мире операторы ЦОД: Распределенная сеть дата-центров мирового масштаба – сердце империи Google // ЦОДы.РФ. – Октябрь 2012. – № 1. – С. 36–41. – URL: <https://www.dcjournal.ru/archive/ed1-01-10-2012/01-google.html> (дата обращения: 01.10.2023).

5. Лейзерович Е.Е. Об основных экономических районах (макрорайонах) России // Региональные исследования. – 2014. – № 3. – С. 4–11.

6. Плавающая атомная теплоэлектростанция выдала первую электроэнергию в сеть Чукотки // МинЭнерго России. – 19.12.2019. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/16652> (дата обращения: 01.10.2023).

7. Ногаева К. Под Петербургом построят ЦОД и вертикальную ферму под управлением ИИ за 2 млрд // Деловой Петербург. – 03.07.2023. – URL: <https://www.dp.ru/a/2023/07/03/pod-peterburgom-postrojat-cod> (дата обращения: 01.10.2023).

8. Покровская Н.Н. Функциональный подход к ресурсосберегающему и экологическому развитию энергетического сектора // Сборник докладов Первой международной конференции «Энергетика XXI века: экономика, политика, экология», 29–30 сентября 2008, г. Санкт-Петербург, Россия / Под ред. д-ра экон. наук, проф. И.А. Максимцева и д-ра экон. наук, проф. Е.А. Карлика. – СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. – 220 с. – С. 135–147.

9. Слободской А.Л., Терехова Т.А., Гарин А.К. Цифровое образование и новое технологическое поколение: спрос на новый контент в обучении // Материалы международной научно-практической конференции «Наука о данных», 5–7 февраля 2020 г., г. Санкт-Петербург, Россия. – СПб.: СПбГУЭУ, 2020. – С. 287–289.

10. Федосеева А.И., Покровская Н.Н. Energy policy and the market liberalization in EU // Российское общество и экономика: исторический опыт и современность: материалы студенческой научной конференции (зимняя сессия) (посвященная 80-летию со дня рождения д-ра экон. наук, профессора Л. С. Тарасевича) / Ред. Н. Н. Покровская и др. – СПб.: Изд-во СПбГУЭУ, 2017. – 135 с. – С. 23–24.

11. Чебакова Д., Балашова А. Финский дата-центр «Яндекса» отключили от электропитания // РБК. – 30.04.2022. – URL: https://www.rbc.ru/technology_and_media/30/04/2022/626c18b69a7947151629b057 (дата обращения: 01.10.2023).

12. Чернышова Е. Байден подписал закон о борьбе с инфляцией // РБК. – 16 августа 2022 г. – URL: <https://www.rbc.ru/politics/16/08/2022/62fc006d9a794780e5852154> (дата обращения: 01.10.2023).

13. Шувалов В.Е. Районирование в российской социально-экономической географии: современное состояние и направления развития // Региональные исследования. – 2015. – № 3 (49). – С. 19–29.

14. Ababkova M.Y., Brusakova I.A., Haj Bara B.A., Pokrovskaja N.N., Korban A.A. Artificial intelligence for advertising and media: machine learning and neural networks // Communication, Networking & Broadcasting – 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus), 25–28 Jan 2022, St. Petersburg, Russia. – N.Y.: IEEE, 2022. – Pp. 8–11. – DOI: 10.1109/ElConRus54750.2022.9755590.

15. Cho R. AI's growing carbon footprint // State of the planet. Columbia Climate School. – 09.06.2023. – URL: <https://news.climate.columbia.edu/2023/06/09/ais-growing-carbon-footprint> (date of access: 01.10.2023).

16. De Vries A. Cryptocurrencies on the road to sustainability: Ethereum paving the way for Bitcoin // Patterns. – 06.12.2022. – Vol. 4(1). – P. 100633. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100633>.

17. Foster L. Big Tech has a water problem. AI is making it worse // Barron's, Dow Jones. – 30.10.2023. – URL: <https://www.barrons.com/articles/tech-ai-stocks-water-esg-microsoft-meta-alphabet-42a2b191> (date of access: 01.10.2023).

18. Galor O., Weil D. Population, technology, and growth: from Malthusian stagnation to the demographic transition and beyond // *American Economic Review*. – 2000. – Vol. 90. – Pp. 806–829. – URL: <http://dx.doi.org/10.1257/aer.90.4.806> (date of access: 01.10.2023).

19. Kuchieva N.Yu., Mordovets V.A., Pokrovskaja N.N. Regulation of ESG-ecosystem: context and content evolution: Energy sector study // *Finance, Economics, and Industry for Sustainable Development: Proceedings of the 3rd International Scientific Conference on Sustainable Development*, 21 Oct 2022, St. Petersburg, Russia / Anna Rumyantseva, Hod Anyigba, Elena Sintsova, Natalia Vasilenko (eds.). – Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – Pp. 159–180.

20. Leyzerovich E.E. On the main economic areas (macro-regions) of Russia // *Regional Studies*. – 2014. – Vol. 3 (49). – Pp. 4–11.

21. Lizarraga C.H., Solon O. Thirsty data centers are making hot summers even scarier // *Bloomberg*. – 26.07.2023. – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-07-26/extreme-heat-drought-drive-opposition-to-ai-data-centers> (date of access: 01.10.2023).

22. Malmödin J., Lundén D. The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010–2015 // *Sustainability*. – 2018. – DOI: 10.3390/su10093027. – URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/research-papers/the-future-carbon-footprint-of-the-ict-and-em-sectors> (date of access: 01.10.2023).

23. Masanet E., Shehabi A., Lei N., Smith S., Koomey J. Recalibrating global data center energy-use estimates // *Science*. – 28 Feb 2020. – Vol. 367, Issue 6481. – Pp. 984–986. – DOI:10.1126/science.aba3758.

24. Pokrovskaja N.N., Garin A.K. Strategies for bridging the digital divide by enhancing communication competence // *Proceedings of the 2022 Communication Strategies in Digital Society Seminar 2022, ComSDS 2022*, 13 Apr 2022, St. Petersburg, Russia. – St. Petersburg: LETI, 2022. – Pp. 166–170. – DOI 10.1109/ComSDS55328.2022.9769146.

25. Santamouris M., Vasilakopoulou K. Present and future energy consumption of buildings: Challenges and opportunities towards decarbonisation // *e-Prime – Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. – 2021. – Vol. 1. – P. 100002. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prime.2021.100002>.

26. Shuvalov V.E. Regionalization in Russian socio-economic geography: development directions // *Regional Studies*. – 2014. – Vol. 3 (49). – Pp. 19–29.

27. US Dept of Commerce, Bureau of Industry and Security, 2018. Order activating suspended denial order relating to Zhongxing Telecommunications Equipment Corporation and ZTE Kangxun telecommunications LTD. 15 April 2018. – URL: https://www.commerce.gov/sites/default/files/zte_denial_order.pdf (date of access: 01.10.2023).

28. Wei F., Pokrovskaja N.N. The study and development of culture in the Arctic zone of Russia: the sociocultural support of the Polar Silk Road // *Creative industries of the Arctic region: experience and development prospects. Материалы III Международного форума. Отв. редактор Е.Ю. Терещенко*. – Мурманск: Мурманский арктический государственный университет, 2021. – С. 65–71.