

## **Эволюция устойчивой энергетики: взгляд через призму формирующих факторов**

Аветисян А.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

**Аннотация.** Эволюция энергетического сектора представляет собой сложное взаимодействие, на которое оказывают глубокое влияние меняющиеся парадигмы организации производства. Хотя внутренняя напряженность, доступность ресурсов, технологические достижения и рыночная конкуренция, несомненно, определяют его дальнейший путь, более широкая перспектива показывает, что траектория развития сектора в корне переплетена с преобладающей социально-экономической логикой и доминирующими политическими дискурсами каждой эпохи. Помимо простой экономической эффективности, распространение устойчивых источников энергии обусловлено существенной перестройкой общественного сознания. Этот сдвиг отражает растущее стремление общества к новому будущему, в котором взаимодействие человека и природы будет характеризоваться гармонией, а не эксплуатацией. Следовательно, сама структура энергетических рынков претерпевает глубокие изменения, обусловленные не только экономическими императивами, но и нормативным сдвигом в сторону бережного отношения к окружающей среде и долгосрочного благополучия планеты. Этот переход означает фундаментальную переоценку наших отношений с энергетикой, переход от чисто транзакционной модели к модели, основанной на этических соображениях и приверженности справедливости между поколениями.

**Ключевые слова:** эволюция энергетического сектора, взаимодействие, парадигмы организации производства, внутренняя напряженность, доступность ресурсов.

### **Введение**

Первая промышленная революция безвозвратно изменила мировой энергетический ландшафт, открыв эпоху глубоких количественных и качественных сдвигов. В этот период произошел взрывной рост потребления энергии, которое резко возросло с 305 миллионов тонн нефтяного эквивалента в начале 19-го века до ошеломляющих 1092 миллионов тонн к его концу. Однако влияние революции вышло за рамки простого объема.

Изобретательность того времени открыла широкий спектр методов использования энергии, выходящих за рамки традиционных источников и применений. Это, в свою очередь, привело к беспрецедентному расширению транспортировки энергетических ресурсов через континенты, что привело к созданию сложных глобальных сетей. По мере роста спроса появились колоссальные энергетические корпорации, создавшие условия для жесткой конкуренции, которая будет определять отрасль на протяжении многих поколений [1].

Энергетический рынок стал нестабильной ареной, характеризующейся циклическими колебаниями между дефицитом и перепроизводством. Эти непредсказуемые колебания выявили фундаментальную связь между социально-экономическим благополучием страны и ее энергетическим спросом. Геополитические силы приобрели заметное значение, оказав мощное влияние на траекторию развития мировой энергетической отрасли.

Этот период ознаменовал собой только начало сложных и многогранных взаимоотношений между энергетикой, экономикой и международными отношениями – отношений, которые продолжают формировать мир, в котором мы живем сегодня [2].

### **Развивающееся стремление к устойчивой энергетике: историческая и современная перспектива**

Энергия на протяжении всей истории была неразрывно связана с самой природой общества, выступая как катализатор, так и следствие социальных изменений. Конец 19-го века ознаменовался поворотным моментом, когда возникло общество, ориентированное на потребление, подпитываемое широкомасштабной эксплуатацией энергетических ресурсов. Эта эпоха вывела проблемы управления энергопотреблением на передний план глобальных проблем. основополагающая работа "Угольный вопрос" является ранним предупреждением, предвещающим потенциальное истощение конечных энергетических запасов и его глубокие социально-экономические и политические последствия. Осознание этого превратило энергетику в стратегический императив геополитики, непосредственно влияющий на экономическое процветание и поддержание национальной безопасности по всему миру.

Как показал научный и практический анализ, развитие энергетического сектора определяется не только его внутренней динамикой, но и гораздо более широкими социально-экономическими и политическими факторами. Доступные ресурсы, передовые технологии, конкуренция и логика социальной и экономической эволюции - все это играет определенную роль. В 1987 году был опубликован доклад Всемирной комиссии по окружающей среде и развитию "Наше общее будущее", который ознаменовал начало глобального перехода к устойчивому социально-экономическому развитию. Центральным элементом этого сдвига стал принцип удовлетворения текущих потребностей без ущерба для возможностей будущих поколений. Доклад послужил тревожным сигналом, в котором утверждается, что для предотвращения надвигающихся экологических и экономических кризисов человечество должно принять новую экономическую парадигму, основанную на принципах устойчивого развития [3].

Результатом этой парадигмы стала концепция "устойчивой энергетики" — важнейшей цели обеспечения общества достаточным количеством энергии при одновременном обеспечении доступности энергетических ресурсов для будущих поколений, при этом активно минимизируя воздействие человечества на окружающую среду. Этот идеал основан на возобновляемых источниках, децентрализованной генерации и более равном

доступе к энергии для всех. По данным Всемирного банка, в достижении целей по обеспечению равного доступа к электроэнергии достигнут существенный прогресс, о чем свидетельствует статистика, согласно которой в период с 2000 по 2020 год доля населения, имеющего доступ к электроэнергии, увеличилась с 78,2% до 90,4%.

Изначально устойчивая энергетика была сосредоточена на смягчении последствий изменения климата и сохранении окружающей среды. Однако со временем она стала инструментом обеспечения энергетической безопасности, диверсификации цепочек поставок и повышения устойчивости страны.

Количественная оценка процессов, связанных с переходом к устойчивой энергетике, сопряжена со значительными трудностями, поскольку сама концепция многогранна и охватывает как технические, так и социальные и культурные аспекты. Мониторинг и оценка возможны с помощью ключевых показателей, касающихся [4]:

- Повышение производственной и экономической эффективности энергетических систем: отслеживание таких показателей, как энергоёмкость ВВП, доля расходов на энергию в потреблении на душу населения, эффективность преобразования энергии и процент возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мировом энергетическом балансе.

- Снижение антропогенного воздействия на окружающую среду: измерение объема выбросов CO<sub>2</sub>, мониторинг уровней загрязнения атмосферы в городских районах, оценка влияния добычи энергоресурсов на темпы обезлесения и количественная оценка выбросов загрязняющих веществ в сточные воды.

- Социальная справедливость и влияние перехода к энергетике: анализ доли населения, не имеющего доступа к электричеству, и оценка доли доходов домохозяйств, направляемой на оплату счетов за электроэнергию.

Примечательно, что в конце 20-го века переход к устойчивой энергетике столкнулся с сопротивлением. Целый ряд научных, технических, политических и, в особенности, экономических препятствий замедлил прогресс в этом секторе. Новым энергетическим системам не хватало экономического потенциала, что привело к тому, что устойчивые энергетические системы застряли в теоретическом пространстве. Однако на рубеже 21-го века эти препятствия начали постепенно исчезать. Научно-технический прогресс повысил эффективность возобновляемых источников энергии. Уравненная стоимость энергии (LCOE) - это способ сравнения затрат на различные виды производства электроэнергии. С 2009 по 2015 год средняя мировая стоимость энергии, вырабатываемой ветром, снизилась почти на 70% (со 101-169 долларов в 2009 году до 26-50 долларов в 2021 году), а стоимость солнечной энергии снизилась на 90% (с 323-394 долларов в 2009 году до 30-41 доллара в 2021 году).

Движимые растущим глобальным консенсусом относительно неотложности борьбы с изменением климата и деградацией окружающей среды, правительства стран ОЭСР активно проводят политику поддержки

возобновляемых источников энергии, энергоэффективных технологий и природоохранных инициатив. Такой активный подход явно повысил энергоэффективность; с 1990 по 2014 год мировой ВВП, произведенный на килограмм нефтяного эквивалента (в постоянных ценах), увеличился с 6.1 до 8.1 долл. Капиталоемкий характер этого перехода стимулировал рост "зеленых финансов", охватывающих инновационные финансовые инструменты, предназначенные для финансирования проектов устойчивого развития. Примечательно, что более 40% инвесторов, контролирующих активы, превышающие 100 триллионов долларов, в настоящее время активно внедряют стратегии ответственного инвестирования. В совокупности эти изменения способствуют глубокому преобразованию энергетики.

Однако важнейший и, возможно, недостаточно изученный аспект этого перехода заключается в органическом согласовании устойчивых экономических и энергетических структур с логикой, лежащей в основе современного капиталистического производства. Стоит отметить, что совместимость сложных социально-экономических систем с преобладающими моделями накопления капитала и организации производства имеет первостепенное значение для успешного перехода. Новая институциональная экономика и эволюционная экономика предлагают ценную основу для понимания того, как динамика капиталистического развития влияет на формирование устойчивых энергетических систем.

Пионерские работы по институциональным изменениям выявили влияние как внутренних, так и внешних факторов. К внутренним относятся накапливающиеся противоречия внутри системы, приводящие к радикальным изменениям в организации производства. К внешним - независимые от экономического развития факторы, такие как научные прорывы, технологические инновации, географические открытия и политические кризисы. Данное исследование, однако, фокусируется не на причинах институциональных изменений, а на их проявлениях и последствиях для структурных сдвигов в технических и экономических системах, в частности, в энергетических системах.

Развивая концепцию адаптируемых потребительских предпочтений и их контекстуальной зависимости, являющуюся ключевым принципом нового институционализма и эволюционной экономики, стоит утвердить, что основной механизм передачи между изменениями в формальных и неформальных институтах и модификациями в организации производства заключается в транзакционных издержках и системе относительных цен. Колебания транзакционных издержек и изменения относительных цен на данном рынке непосредственно влияют на экономическую эффективность различных форм социального взаимодействия, включая организацию производственных процессов. Таким образом, понимание и управление этими затратами и ценовыми сигналами имеет важное значение для перехода энергетики к более устойчивому будущему. Это связано с тем, что они напрямую влияют на структуру стимулов, с которыми сталкиваются фирмы и

потребители, формируя их решения относительно потребления энергии и инвестиций в устойчивые технологии [5].

### **Фордизм: расцвет и ограничения массового производства в индустриальную эпоху**

На закате 19-го века и на заре 20-го фордизм превратился в архетипическую модель организации промышленного производства - смену парадигмы, инициированную Генри Фордом и его новаторскими автомобильными заводами. Фордизм - это нечто большее, чем просто способ производства автомобилей, он воплощал в себе самую суть капиталистического производства и императив индустриальной эпохи по эффективному созданию и распределению товаров.

Фордизм, по своей сути, возник в результате слияния прагматизма и позитивизма. Этот философский подход рассматривал мир не как совокупность независимых сущностей, а как взаимосвязанную механистическую систему. В рамках этой системы считалось, что успех достигается исключительно за счет неустанной рационализации человеческой деятельности, в первую очередь производственного процесса. Такой интеллектуальный климат сформировал стремление Ford к массовому производству потребительских товаров за счет радикального снижения затрат. Производство стало тщательно организованным процессом с четкими сроками. Сама передача материалов с одного этапа на другой была оптимизирована, теоретически сведя к минимуму время, необходимое для физического перемещения компонентов.

Отличительной чертой фордизма было неустанное стремление к повышению эффективности за счет стандартизации, специализации и движущейся сборочной линии. Рабочие стали узкоспециализированными, выполняя повторяющиеся задачи с поразительной скоростью. Такая специализация позволила упростить сложные операции, что привело к увеличению производительности и снижению затрат на обучение. Такая стандартизация процессов привела к сосредоточению внимания на количественных характеристиках, где эффективность оценивалась в первую очередь за счет снижения затрат.

Несмотря на несомненный успех в обеспечении значительных сокращений, Фордизм не был лишен присущих ему ограничений. Жесткость системы оказалась главной ахиллесовой пятой. Фордизм требовал долгосрочных инвестиций в основной капитал для создания предприятий, которые после длительного периода наладки могли приносить достаточную прибыль. Таким образом, фордизм требует стабильности, стабильного роста и постоянства в нашей экономической экосистеме, чтобы она функционировала и была эффективной.

Согласно фордистскому мировоззрению, рынки рассматривались как преимущественно стабильные или расширяющиеся. Рост рынка воспринимался в количественном выражении, что означало, что рынок был изменчивым, но не зависел от внешнего вида продукта, изменений в моде или предпочтениях потребителей. Предполагалось, что спрос будет

постоянным, не подверженным внезапным изменениям во вкусах потребителей или экономическим спадам. В фордизме стабильность производства напрямую связана со стабильностью и регулированием, а не с перебоями. Любой сбой в этом последовательном и упорядоченном потоке создания ценности и потребления может быстро привести к кризису, такому как перепроизводство или дефицит. Сокращение рынков сбыта (снижение платежеспособного спроса) часто приводит к перепроизводству, вызывая еще более масштабный и тяжелый экономический кризис.

Становление фордизма в качестве доминирующей системы накопления капитала совпало с переходом от угля к нефти в качестве основного источника энергии - сдвигу, вызванному сочетанием социально-политических и технологических преобразований:

- **Расширение ресурсной базы:** 20-й век стал свидетелем беспрецедентного расширения нефтяной ресурсной базы. Открытие богатых нефтяных месторождений, таких как гейзер Спиндлтоп в Техасе в 1901 году и обширных месторождений в Саудовской Аравии в 1938 году, обеспечило стабильные поставки сырой нефти.

- **Технологические достижения:** Научные и технологические прорывы значительно повысили эффективность добычи и утилизации нефти. Каталитический крекинг значительно увеличил выход легких фракций, улучшив процесс переработки. Широкое распространение бензиновых двигателей внутреннего сгорания привело к дальнейшему росту спроса на нефтепродукты, что привело к созданию новых рынков.

- **Геополитические и военные факторы:** Первая мировая война резко увеличила спрос на нефть, что было вызвано развитием транспортных и военных технологий. Военно-морским судам требовалась большая мощность, и они оснащались эффективными двигателями внутреннего сгорания. Этот возросший спрос на нефть только усугубил существующие проблемы доступа к ее месторождениям.

Фордизм был чем-то большим, чем просто производственная модель; он был отражением особого мировоззрения и исторического момента. В то время как нацеленность на эффективность и массовое производство способствовала беспрецедентному экономическому росту, присущая ей жесткость заложила основу для ее последующего упадка в условиях появления более гибких и адаптируемых производственных систем. Однако именно она стала основой, на которой сегодня базируется развитие производства и его эффективность [6].

### **Наследие Фордизма и переход к гибким энергетическим системам**

Энергетическая инфраструктура 20-го века была в значительной степени сформирована принципами фордизма, отражающими массовое производство и стандартизацию, которые определили ту эпоху. Эта фордистская энергетическая модель, хотя и была изначально успешной, обладала определенными характеристиками, которые в конечном итоге оказались неустойчивыми в условиях меняющихся экономических и технологических условий. Главной из этих черт было неустойчивое стремление

к экономии за счет масштаба. Руководствуясь единственной целью - минимизировать удельные затраты, энергетические системы были спроектированы вокруг крупных централизованных электростанций, при этом приоритет отдавался масштабу, а не гибкости и оперативности реагирования на местах. Такая приверженность масштабу была неразрывно связана с общей философией экстенсивного роста спроса на энергию. Основная цель состояла в том, чтобы удовлетворить постоянно растущий спрос на энергоресурсы, обусловленный расширением промышленного производства и потребительства. При таком подходе энергия рассматривалась как товар, который должен поставляться во все возрастающих количествах, без особого учета эффективности или управления спросом.

Кроме того, фордистская энергетическая парадигма характеризовалась гомогенизацией и жестким контролем. Энергосистемы проектировались как синхронизированные, жестко регулируемые системы, что препятствовало инновациям и распределенной генерации электроэнергии. Предсказуемость и надежность имели первостепенное значение, часто в ущерб адаптивности. Эта негибкость еще больше усугублялась структурными особенностями энергетических компаний. Сложная нормативно-правовая база, обеспечение огромных капиталовложений в новую инфраструктуру, соблюдение длительных сроков реализации проектов и управление зависимостями в многочисленных цепочках поставок - все это способствовало формированию вялой и реактивной организационной культуры. Инерция, присущая этим крупным энергетическим предприятиям, означала, что они медленно адаптировались к меняющимся рыночным условиям и новым технологиям.

Доминирование фордистской модели, возможно, было более выраженным в энергетическом секторе, чем в других отраслях, что в значительной степени объясняется фундаментальными свойствами электричества. Относительно неэластичный спрос на электроэнергию в сочетании с ее практически недифференцированным характером устранял необходимость в быстрых инновациях или адаптации к требованиям заказчика. Энергетические компании работали на рынке, где количественный рост имел гораздо большее значение, чем качественные улучшения. Такое отсутствие конкурентного давления усиливало зависимость от жесткой крупномасштабной логистики и препятствовало поиску альтернативных моделей. Определяющей тенденцией той эпохи стало "увеличение концентрации производства преобразованных видов энергии" и "усиление централизации распределения первичных энергетических ресурсов". Такая централизация, в свою очередь, укрепила власть крупных вертикально интегрированных энергетических компаний.

Однако эра оказалась недолговечной. Стабильность, присущая модели, начала ослабевать в 1970-х годах, уступая место более "гибкой модели накопления". Эта смена парадигмы была вызвана, в значительной степени, системным кризисом в развитых капиталистических экономиках, вызванным нефтяным эмбарго 1973 года. Длительный период устойчивого

экономического роста, последовавший за Второй мировой войной, внезапно закончился, сменившись затяжным периодом стагнации и инфляционного давления. Интервенции, которые ранее служили надежными инструментами экономической стабилизации, оказывались все более неэффективными [7].

Устойчивое стимулирование спроса на протяжении десятилетий привело к избытку производственных мощностей и, в конечном счете, к перепроизводству. Этот избыток мощностей, в свою очередь, привел к снижению рентабельности, сокращению инвестиций и усилению конкуренции как на внутреннем, так и на международном рынках. Это давление потребовало принципиально новых бизнес-моделей, вызвав волну инноваций в производственных технологиях и организационных структурах. Одновременный рост коммуникационных и информационных технологий ускорил трансформацию общества в направлении постиндустриального состояния, характеризующегося стремительной глобализацией. Поскольку капитализм уступил место когнитивному капитализму. Последовавший за этим бум в мировой торговле еще больше усилил конкуренцию, создав условия, в которых компании конкурировали не только с местными конкурентами, но и с производителями по всему миру.

Этот период описывают как "сжатие времени и пространства", когда сокращение географических расстояний фактически привело к созданию единого интегрированного глобального рынка. Обострившаяся конкуренция вынудила фирмы диверсифицировать свое производство и создавать все более специализированные продуктовые линейки.

Новый ландшафт потребовал от предприятий внедрения гибких процессов, децентрализации производства и гибкости для более быстрой разработки индивидуальных продуктов.

### **Развивающийся ландшафт создания ценности: от массового производства к осознанному потреблению и гибкой адаптации**

Неумолимое давление обострившейся конкуренции в сочетании с растущим вниманием потребителей к персонализированным продуктам привело к смене парадигмы, требующей от бизнеса постоянных инноваций и гибкой адаптации. Это динамичное взаимодействие придает рынкам повышенный динамизм, выводя их на многомерные траектории, влияя не только на размер рынка и производственные издержки, но и коренным образом изменяя качество продукции и ориентацию на потребителя. Парадоксально, но в условиях стандартизации мирового рынка параллельно наметилось движение в сторону дифференциации локализованных продуктов, что подчеркивает противоречие между глобальным охватом и специализацией ниши.

В условиях ускоряющихся изменений предприятия активно стремятся ускорить оборот капитала, укрепляя свои адаптивные возможности. Это стремление часто проявляется в форме вертикальной дезинтеграции с помощью таких стратегий, как субподряд и аутсорсинг, что позволяет повысить оперативность реагирования и гибкость распределения ресурсов. Однако растущая волатильность и сложность, присущие этим динамичным



рынкам, делают традиционные методики оценки бизнес-проектов все более неадекватными, поскольку неопределенность, связанная с будущими денежными потоками, стремительно возрастает.

Признавая эти глубокие изменения, важно понимать, что фундаментальная сущность капиталистического создания ценности остается неизменной. Основной принцип остается неизменным: распределение ресурсов в рамках единого производственного процесса, направленного на создание ценности и максимизацию прибыли. Однако структура этого процесса претерпела радикальные изменения. Прошли те времена, когда монолитные, жестко структурированные отрасли управлялись с помощью централизованных систем. Доминирование распределенных, гетерогенных систем, использующих сетевые эффекты, является определяющей характеристикой современного бизнес-ландшафта.

Эта новая модель "гибкого накопления" характеризуется [8]:

- Гибкими и адаптивными системами: Разработка высокогибких производственных и организационных структур, которые могут легко перестраиваться в соответствии с меняющимися требованиями рынка и непредвиденными сбоями. Это не просто оперативное реагирование; речь идет об активном предвидении и формировании рыночных тенденций.

- Ускоренный оборот капитала: Неустанное стремление к повышению эффективности использования капитала, минимизации времени, в течение которого капитал остается задействованным в производственных процессах, и максимизации его отдачи. Это часто предполагает использование новых технологий, оптимизацию операций и внедрение методологий бережливого производства.

- Устойчивые и адаптируемые цепочки поставок: построение цепочек поставок, которые могут легко адаптировать пути поставок, производства и распределения в соответствии с меняющимися требованиями потребителей, геополитическими событиями и экономическими колебаниями. Это часто предполагает развитие разнообразных сетей поставщиков и внедрение сложных логистических технологий.

- Эпоха индивидуального потребления: рост требований потребителей к характеристикам потребляемых товаров и услуг. Это означает смену парадигмы от базовых функциональных требований к вниманию к индивидуальным потребностям, предпочтениям и ценностям.

Последний момент, касающийся индивидуальных потребностей потребителей, трудно переоценить, поскольку он имеет решающее значение для создания устойчивой экономической и энергетической инфраструктуры. В эпоху Фордизма потребителей в основном интересовали качество и цена. Однако современное потребление распространяется и на сам производственный процесс. Потребители хотят быть вовлеченными в более социально справедливое и процветающее общество посредством своего потребления. Современный потребитель, по крайней мере, с точки зрения социальных и экономических наук, хочет быть уверенным в том, что его

потребление имеет позитивный смысл, например, способствует благотворительности или защите окружающей среды посредством своих покупок.

Хотя идея создания устойчивого общества исключительно за счет потребления сознательно произведенных и продаваемых "этичных" продуктов и услуг может показаться идеалистической, восприятие этичного потребления (и желание участвовать в общем благе) стало важным компонентом фирменного стиля и успешных стратегий привлечения потребителей. Кульминацией этого стремления стала концепция перехода к устойчивой экономике, основанная на признании того, что экономический прогресс должен быть сбалансирован с бережным отношением к окружающей среде и социальной справедливостью. Стремление потребителя внести свой вклад в построение нового, более справедливого общества воплотилось в философии перехода к устойчивой экономике.

### **Экономика мышления: когнитивный поворот в капитале**

Меняющийся ландшафт современных рынков бросает серьезный вызов традиционному созданию ценности, коренным образом меняя наше понимание того, что представляет собой потребительская ценность. Простой обмен товаров на валюту был заменен сложным уравнением, включающим социальную и экологическую ответственность. Взгляните на книгу: это уже не просто набор слов. Она воплощает в себе срубленное дерево, мастерство иллюстраторов и типографов, труд сотрудников книжных магазинов и, что особенно важно, потенциал распространения знаний и содействия социальному росту. Энергетический сектор отражает эту трансформацию еще более глубоко [9].

В рамках парадигмы устойчивого развития задачи энергетической отрасли выходят далеко за рамки обеспечения надежного и доступного энергоснабжения. Она должна активно внедрять стратегии, в которых приоритетное внимание уделяется долгосрочному благополучию людей и охране окружающей среды. Энергетический ресурс - это уже не просто источник топлива; он превратился в товар, имеющий важное этическое и социальное значение. Его добыча, переработка и потребление тщательно изучаются с точки зрения воздействия на окружающую среду. Сам процесс использования энергии становится важным фактором, сопряженным с потенциальными рисками для будущих поколений. Более того, равный доступ к энергии становится важнейшим вопросом социальной справедливости. Таким образом, энергетические компании больше не являются просто поставщиками энергии; они являются распорядителями ресурсов, несущими социальную ответственность. Происхождение энергии, методы ее производства и связанные с ней ценности в настоящее время имеют такое же значение, как цена и эксплуатационные характеристики.

Современное общество перешло от рассмотрения товаров как простых предметов с определенной полезностью к пониманию их как мощных символов, несущих социальный смысл. Это не просто философская абстракция; это фундаментальная реальность, которая диктует поведение

потребителей. Компании, которые не в состоянии понять психологические нюансы ожиданий потребителей и спрос на этические продукты, неизбежно будут перехитрены конкурентами, которые это сделают.

Экономическую сферу, охватывающую движение ресурсов и выполнение управленческих решений, можно представить как "поле смысла", которое пронизывает различные аспекты социального существования. Это поле является абстрактным представлением объективной реальности, отражающим постоянный поток информации и материальных ресурсов. Участвуя в общественной жизни, люди вступают в эту смысловую реальность. Социальная жизнь сама по себе представляет собой сеть концентрированных смыслов, ландшафт, в котором определенные точки соприкосновения представляют наиболее заметные и влиятельные идеи. Это "поле значений" не статично, а скорее динамично, оно постоянно меняется в ответ на напряженность и динамику влияния между этими центрами. Понимание этой напряженности имеет решающее значение для понимания фундаментальных изменений, происходящих в экономической структуре.

По мере развития общества эти противоречия усиливаются вокруг различных доминирующих концепций. За последние три десятилетия концепция устойчивого развития превратилась в мощную силу, формирующую наши представления о равенстве людей, экологической ответственности и наших обязательствах перед будущими поколениями. Этот новый центр тяжести оказывает мощное влияние на отрасли, изменяя как выбор потребителей (о чем свидетельствуют их решения о покупке), так и критерии, по которым руководители корпораций оценивают эффективность своих стратегий.

Энергетическая отрасль, характеризующаяся значительной капиталоемкостью и присущей ей инерционностью, испытывает на себе воздействие устойчивого развития, хотя его последствия проявляются в течение более длительного периода времени. Более гибкие и адаптируемые производственные системы имеют решающее значение для развития устойчивой энергетики. В быстро меняющемся постиндустриальном мире инвесторы, менеджеры и предприниматели уделяют первостепенное внимание скорости оборота капитала. Чем быстрее капитал может быть задействован и окупается, тем больше возможностей для адаптации к новым условиям и процветания в конкурентной среде. Инвестиции в децентрализованную генерацию энергии из возобновляемых источников ускоряют оборот капитала в энергетическом секторе, тем самым способствуя переходу к более устойчивой энергетике будущего.

### **Революция в области распределенной энергетики: перераспределение власти в эпоху когнитивного капитализма**

Преобладание возобновляемой, маломасштабной и распределенной генерации (DG) - это не просто экологическая корректировка; это означает глубокую перестройку самой архитектуры капиталистического общества. Этот сдвиг тесно связан с появлением когнитивного капитализма - парадигмы, определяемой гибким накоплением капитала, данными как

основным активом и децентрализованными способами производства. Однако присущая энергетическому сектору инерционность, характеризующаяся длительными сроками развития инфраструктуры и десятилетиями жизненного цикла активов, создает значительные препятствия для такого перехода. В этой статье утверждается, что конвергенция технологических достижений, изменение потребительских ценностей и ограничения устаревших энергетических систем приводят к фундаментальным преобразованиям в сторону моделей распределенной и устойчивой энергетики. Эта эволюция заключается не только в замене ископаемого топлива; речь идет о перераспределении энергии, как в прямом, так и в переносном смысле, в рамках сетевого и информационного экономического ландшафта.

### **Исторические ограничения энергетического сектора и повышение гибкости:**

Глобальный энергетический ландшафт по-прежнему в значительной степени определяется решениями, принятыми в середине 20-го века, когда централизованные крупномасштабные проекты, такие как строительство плотин гидроэлектростанций и атомных электростанций, доминировали в расширении энергетических мощностей. Стремительный рост, наблюдавшийся в 1960-х и 1970-х годах - период, ознаменованный установкой сотен гигаватт ядерных и гидроэлектростанций, - отражает фордистскую модель энергоснабжения: массовое производство, экономия за счет масштаба и односторонний поток энергии от производителя к потребителю. Последовавшее за этим замедление глобального экономического роста в 1970-х и 80-х годах (по сравнению с послевоенными годами бума) ослабило необходимость быстрого расширения энергетической инфраструктуры. Эта историческая инерция, глубоко укоренившаяся в инфраструктуре и нормативно-правовой базе, создает значительные препятствия для быстрого внедрения более гибких, распределенных подходов.

Однако несколько ключевых факторов, объединившись, нарушили этот статус-кво:

- Резкое снижение стоимости возобновляемых источников энергии: Резкое снижение нормативной стоимости энергии (LCOE) для возобновляемых источников, в частности солнечной и ветровой, сделало DG экономически жизнеспособной и даже конкурентоспособной по сравнению с традиционной генерацией на основе ископаемого топлива.
- Технологии интеллектуальных электросетей и решения для обеспечения бесперебойной работы: Передовые технологии управления электросетями, включая сложные системы прогнозирования, решения для хранения энергии (например, аккумуляторы, гидроэлектростанции) и программы реагирования на спрос, позволили снизить проблемы, связанные с непостоянством возобновляемых источников энергии, и обеспечить их плавную интеграцию в сеть.

- Рост "просьюмеризма" и "зеленого консьюмеризма": Все чаще потребители отдают предпочтение "зеленой" энергии, руководствуясь экологической осведомленностью, этическими соображениями и стремлением к большей энергетической автономии. Этот сдвиг в потребительских ценностях привлекает внимание рынка к вариантам распределенной генерации, включая солнечные батареи на крышах, микросети общего пользования и участие в инициативах по реагированию на спрос.

- Электрификация транспорта: Широкое распространение электромобилей (EV) трансформирует энергетический ландшафт, создавая как значительный новый спрос на электроэнергию, так и потенциально огромный ресурс для распределенного накопления энергии (с помощью технологий vehicle-to-grid или V2G).

### **Распределенная генерация и принципы гибкого накопления:**

Наследие фордистской модели в энергетическом секторе контрастирует с более гибким и адаптивным подходом к производству энергии. DG, благодаря своей децентрализованной и модульной природе, органично вписывается в принципы гибкого накопления, характерные для когнитивного капитализма. Системы DG обладают рядом ключевых характеристик, которые делают их особенно подходящими для требований этой новой эры:

- Оптимизация на основе данных: сети общего пользования зависят от сбора и анализа подробных данных. Интеллектуальные сети, оснащенные усовершенствованной измерительной инфраструктурой (AMI) и системами мониторинга в режиме реального времени, собирают подробную информацию о поведении потребителей, моделях энергопотребления и состоянии электросетей. Эти данные, используемые для оптимизации потоков энергии, прогнозирования колебаний спроса и персонализации энергетических услуг, приводят энергетический сектор в соответствие с более широкой тенденцией извлечения и использования данных, лежащей в основе когнитивного капитализма. Технологии интеллектуальных сетей облегчают двустороннюю связь между коммунальными компаниями и их клиентами за счет обработки цифровых данных в режиме онлайн.

- Сокращение масштабов производства и снижение эффекта масштаба: Традиционно энергетический сектор характеризовался тем, что он опирался на крупные капиталоемкие предприятия, которые получали значительную экономию за счет масштаба. Технический прогресс разрушил эту парадигму использования маломощных источников энергии, поскольку капиталоемкие и ресурсоемкие сегменты были интегрированы в мировую экономику. Снижение затрат и повышение эффективности маломасштабных технологий использования возобновляемых источников энергии расширили возможности распределенной генерации.

- Повышенная адаптивность и устойчивость: Децентрализованный характер сетей общего пользования повышает устойчивость энергетической системы. Системы общего пользования более устойчивы к

крупномасштабным сбоям в работе, их проще внедрять и они более экономичны. Эти проекты, обладающие адаптивными возможностями и умением управлять транспортными потоками, будут самыми успешными в отрасли [10].

Переход к распределенной генерации представляет собой глубокую трансформацию энергетического ландшафта. Благодаря технологическому прогрессу, изменению потребительских ценностей и ограничениям, присущим устаревшим энергетическим системам, DG - это не просто технологическая модернизация; это перераспределение власти в более широком контексте когнитивного капитализма. Революция в области распределенной энергетики - это не просто производство электроэнергии; это переосмысление самих основ энергетического сектора в мире, определяемом данными, гибкостью и необходимостью устойчивого развития.

### **Заключение**

Общепринятое мнение часто связывает трансформацию энергетической отрасли с технологическими инновациями, изменениями в законодательстве и меняющимися предпочтениями потребителей. Хотя эти факторы, несомненно, играют важную роль, при более глубоком изучении обнаруживается более скрытый, но мощный фактор: динамика капиталистического общества и, в частности, преобладающая модель накопления капитала. Опыт показывает, что спонтанные процессы возникают в результате сложного взаимодействия между эндогенными предпочтениями и внешним контекстом, в котором действуют субъекты. Это сложное взаимодействие в конечном итоге формирует устойчивые энергетические структуры.

Влияние накопления капитала часто затушевывается из-за его постепенного и косвенного характера. Это не так очевидно сразу, как влияние прорывной технологии солнечных панелей или правительственного мандата на внедрение возобновляемых источников энергии. Однако, чтобы по-настоящему понять траекторию энергетического перехода, мы должны тщательно проанализировать это влияние, как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения практического применения.

Помимо технологических достижений и формальных институциональных рамок, решающее значение имеют эволюция общего видения будущего человечества, этические соображения, касающиеся наших взаимоотношений с миром природы, и повышение эффективности энергетических рынков. По мере снижения транзакционных издержек, связанных с производством и распределением "зеленой" энергии, повышается общая эффективность и устойчивость энергетических систем. Этому способствует растущее осознание потребителями, инвесторами и политиками долгосрочных преимуществ экологически чистых методов. Однако этот переход не обходится без проблем. Действующие энергетические компании, активно инвестирующие в инфраструктуру, работающую на традиционном ископаемом топливе, часто сопротивляются

переменам, используя лоббистские усилия и кампании по связям с общественностью для защиты своих интересов.

Конвергенция структур устойчивой энергетики с доминирующей моделью накопления капитала и организации производства открывает перед возобновляемыми источниками энергии многообещающее будущее. Даже если решения в области устойчивой энергетики не являются наиболее экономически выгодным вариантом, поддержка и развитие продолжают.

#### **Список источников:**

1. Локтионов, В. И. Устойчивая энергетика: новый взгляд на факторы становления / В. И. Локтионов // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2023. – Т. 67, № 8. – С. 16-25. – DOI 10.20542/0131-2227-2023-67-8-16-25.
2. Локтионов, В. И. Институциональные особенности четвертого энергетического перехода / В. И. Локтионов, Ш. М. Еникеев // *Мировая экономика и международные отношения*. – 2024. – Т. 68, № 7. – С. 35-44. – DOI 10.20542/0131-2227-2024-68-7-35-44.
3. Гончарова, Н. А. Международная практика перехода к устойчивой энергетике / Н. А. Гончарова, Е. С. Заколюкина // *Экономические исследования*. – 2022. – № 1.
4. Голубцов, Н. В. Диффузия исследований проблем энергетики как фактор устойчивого развития / Н. В. Голубцов, О. В. Федоров // *Качество и конкурентоспособность в XXI веке : материалы XX Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 26–27 апреля 2022 года / Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова*. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2022. – С. 76-84.
5. Губайдуллина, Т. Н. Роль энергетики в достижении целей устойчивого развития / Т. Н. Губайдуллина // *Национальные экономические системы в контексте трансформации глобального экономического пространства : Сборник научных трудов / Под общей редакцией З.О. Адамановой*. – Симферополь : Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 194-196.
6. Гончарова, Н. А. Перспективы развития устойчивой энергетики России в рамках международного опыта / Н. А. Гончарова, О. Л. Соколова, Е. С. Заколюкина // *Наука и бизнес: пути развития*. – 2022. – № 9(135). – С. 90-92.
7. Брыкалов, С. М. Зеленая энергетика как вектор стратегии устойчивого развития промышленного предприятия / С. М. Брыкалов, Н. А. Кузнецова // *Стратегическое планирование и развитие предприятий : Материалы XXIII Всероссийского симпозиума, Москва, 12–13 апреля 2022 года*. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2022. – С. 155-157. – DOI 10.34706/978-5-8211-0802-9-s2-04.
8. Гулиев, И. А. Мировой рынок энергетических ресурсов: Дисбаланс распределения ресурсов и концепция устойчивого развития / И. А. Гулиев, В. И. Киселев, В. В. Сорокин // *Дискуссия*. – 2022. – № 5(114). – С. 62-70. – DOI 10.46320/2077-7639-2022-5-114-62-70.

9. Ремизова, Т. С. Устойчивое развитие электроэнергетики России на основе баланса традиционных и возобновляемых источников как основа безопасности национальной энергосистемы / Т. С. Ремизова, Д. Б. Кошелев // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2022. – Т. 18, № 5(410). – С. 991-1008. – DOI 10.24891/ni.18.5.991.
10. Некрасов, С. А. К обоснованию необходимости корректировки действующей концепции развития энергетики / С. А. Некрасов, И. Д. Грачев // Стратегическое планирование и развитие предприятий : Материалы XXIII Всероссийского симпозиума, Москва, 12–13 апреля 2022 года. – Москва: Центральный экономико-математический институт РАН, 2022. – С. 184-186. – DOI 10.34706/978-5-8211-0802-9-s2-13.