

ПРОЕКТ ЭШЕЛОН

Энергетика для камикадзе

Пособие 1 по токенизации

Мощность и энергетические права

Вторая редакция

Версия 2.1

19 сентября 2026 года

Авторская группа проекта «Эшелон»

Одобрено для публикации

Содержание

Предисловие ко второй редакции.....	3
1 Что уже происходит в мире.....	4
2 Какую картину мира придётся освоить.....	7
3 Мощность как основа энергетического права.....	8
4 Режим нагрузки как источник стоимости.....	11
5 Электричество холод тепло вода и вычисления.....	12
6 Как полезность становится обращающимся правом.....	14
7 Глобальная резервная энергетическая система.....	16
8 Экономика меньшей стоимости и большей отдачи.....	18
9 Рабочая группа первые сделки и наше место.....	19
Источники и границы данных.....	23

Рыночные данные приведены с датами и ссылками на источники. Авторская модель резервной системы изложена в главах 7, 8 и 9.

Предисловие ко второй редакции

Это первое пособие по токенизации в рамках проекта «Эшелон». Оно адресовано финансистам, энергетикам и тем, кто готов соединить их работу в одну систему. Название «Энергетика для камикадзе» я сохраняю. В нём есть предупреждение: привычных профессиональных представлений здесь окажется недостаточно. Придётся разбираться в чужой области, пересматривать собственные выводы и отвечать за решения на границе нескольких дисциплин.

Первая редакция была попыткой объяснить, что именно мы собираемся токенизировать. За словом «энергия» стоят мощность, график нагрузки, резерв, качество, подключение и способность объекта выполнять полезную работу. Из этих свойств возникают расходы, доходы, риски и права. Цифровой инструмент имеет смысл, когда эта связь понятна и подтверждена.

Вторая редакция появляется потому, что обсуждение уже перешло в другую стадию. В мире работают площадки торговли энергетическими сертификатами, выпускаются токены, связанные с солнечными установками и их доходом, развивается цифровой учёт характеристик топлива. Существуют и механизмы последующей передачи энергетических прав. Масштаб и зрелость этих рынков различаются, но само движение уже можно наблюдать в сделках, инфраструктуре и правилах.

Поэтому для нашей группы главный вопрос теперь связан со скоростью. Как быстро реальные энергетические возможности станут измеримыми, юридически определёнными и доступными для обращения? Кто установит правила их сопоставления? Где возникнут доверие, расчёты и ликвидность? И какое место займём мы?

Наш замысел состоит в создании глобальной резервной энергетической системы. В отдельных функциях её можно сравнить с Федеральной резервной системой США: общее ядро правил, распределённая сеть участников, организация расчётов и управление резервами. В нашей модели физическую основу образуют энергетические возможности объектов. Цель состоит в том, чтобы уменьшать стоимость полезной работы и риски её обеспечения, одновременно повышая экономическую отдачу от инфраструктуры и капитала.

Я исхожу из того, что деньги будущего будут всё теснее выражать доступ к мощности. В этом смысле их физической основой станут ватты. Для конкретной сделки к ним обязательно добавятся место, время, длительность, качество и ответственность за исполнение. Это стратегическая позиция автора, которая определяет направление нашей работы.

Мы претендуем на центральное место в этой системе и собираем вокруг себя рабочую группу. Такое место придётся заслужить качеством правил, достоверностью измерений и исполнением обязательств. Пособие задаёт общий язык, с которого эта работа начинается.

По состоянию на 19 сентября 2026 года наиболее интересными для нашей работы мы считаем сербские и аргентинские кейсы. Это наш текущий приоритет при выборе проектов для подробного разбора и совместной работы. Международная практика гораздо шире: существует множество других подходов и проектов, которые также заслуживают внимания.

1 Что уже происходит в мире

Что считать токенизацией энергии

В этом пособии токенизация означает представление определённого права или проверяемого свойства энергетического объекта в цифровой форме, пригодной для учёта и, когда это предусмотрено, передачи другому участнику. В узком техническом смысле речь идёт о токенах в распределённом реестре. Более широкий рынок включает также обычные электронные реестры энергетических прав. Эти две категории необходимо различать при подсчёте объёмов.

Под одним названием сегодня встречаются разные продукты: право на будущую поставку, сертификат происхождения, доля в установке, право на доход, обязательство предоставить мощность, сведения о характеристиках топлива и долг энергетической компании. Покупатель получает разные возможности в каждом случае. Общая цифровая оболочка не делает эти инструменты взаимозаменяемыми.

Обзор ниже подготовлен по открытым источникам, доступным на 19 сентября 2026 года. Приоритет отдан сообщениям операторов, эмитентов, системных организаций, нормативным актам и исследовательским публикациям. Цифры компаний приведены с указанием их происхождения; независимый аудит по ним предполагается только при наличии прямого подтверждения.

Масштаб в числах

Сопоставимого мирового итога в мегаватт-часах и деньгах по изученным источникам установить нельзя. Не найден и подтверждённый текущий реестр всех действующих проектов. Это ограничение данных, которое следует сохранить в расчётах. Ниже приведены величины, для которых известны объект измерения и дата.

Показатель	Подтверждённая величина	Что именно измерено
Исторический охват проектов	131 инициатива в исследовании 2019 года [1]	Энергетические блокчейн-инициативы; текущая работоспособность из этого числа не следует
Отдельный обзор IFPEN	215 энергетических проектов к январю 2020 года [2]	Историческая выборка; с предыдущей не суммируется
WePower и Elering	24 ТВт·ч в эксперименте 2018 года [2]	Представление агрегированных данных производства и потребления; объём не равен коммерческим поставкам токенов
TraceX	Более 1,2 млн REC за январь 2025 года [3]	Оборот сертификатов с атрибутами более 1,2 ТВт·ч генерации; повторный оборот возможен
Fiùtur Digital Natural Gas	Около 500 млрд куб. футов газа и более 500 добывающих скважин с начала программы, по сообщению марта 2025 года [4]	Производство, зарегистрированное в виде цифровых активов с характеристиками газа; опубликованный объём регистрации
SunContract	Более 10 000 зарегистрированных пользователей, по сайту оператора [5]	Аудитория P2P-платформы в Словении; число владельцев NFT отдельно не указано

Показатель	Подтверждённая величина	Что именно измерено
REC Limited, Индия	Приняты заявки на ₹500 crore, то есть ₹5 млрд, в сентябре 2026 года [6]	Токенизированные облигации компании, финансирующей энергетику; денежный объём долгового выпуска

REC в строке TraceX означает Renewable Energy Certificate. Один такой сертификат относится к экологическим атрибутам 1 МВт·ч возобновляемой генерации. Покупатель отдельно приобретает её характеристики, например происхождение. Само электричество может продаваться по другому договору. Название индийской компании REC Limited с этой единицей учёта не связано. [6, 7]

Данные Fiùtur расширяют картину за пределы электричества. Указанные 500 млрд куб. футов составляют примерно 14,2 млрд кубометров при арифметическом пересчёте единиц объёма. Без данных о составе и теплотворности газа переводить их в энергетический эквивалент для общей суммы некорректно. Компания описывает регистрацию происхождения и экологических характеристик производства, а также возможность сделок с этими характеристиками. Оборот их перепродажи в деньгах в приведённом сообщении не раскрыт. [4]

Денежный показатель REC Limited даёт другой тип свидетельства. Согласно сообщению эмитента, выпуск проведён в регуляторном эксперименте SEBI с размещением и листингом на NSE и BSE. Эта сумма характеризует привлечение капитала. Она не показывает стоимость токенизированной физической энергии и сама по себе не доказывает ликвидность вторичного обращения. [6]

Статистику такого рынка следует вести в нескольких отдельных регистрах: уникальные выпущенные права, непогашенный объём прав, торговый оборот, фактически исполненная поставка или услуга, стоимость привлечённого финансирования. Складывать эти величины в одну «капитализацию энергии» нельзя. Рыночная стоимость служебной криптовалюты платформы также не заменяет ни один из этих показателей.

Какие проекты и виды энергии представлены

Следующая выборка показывает разнообразие решений. В ней 12 именованных проектов и механизмов. Она служит картой примеров; общим числом действующих проектов в мире её считать нельзя. Статус каждого примера указан отдельно.

Проект или механизм	Объект	Подтверждённый статус
TraceX, Powerledger	Сертификаты возобновляемой генерации	Работающая торговая площадка; опубликован месячный оборот [3]
SunContract NFT Marketplace	Токены, связанные с конкретными солнечными панелями и выработкой	Оператор описывает первичную покупку, доход и вторичную перепродажу [8]
Fiùtur Digital Natural Gas	Происхождение и характеристики природного газа	Действующий реестр; опубликован накопленный объём регистрации [4]
Fiùtur и Digital Asset	Атрибуты энергетических цепочек в финансовых продуктах	Объявлена интеграция с Canton; энергетический торговый оборот не раскрыт [9]

Проект или механизм	Объект	Подтверждённый статус
REC Limited	Долг компании энергетического финансирования	Пилотный выпуск токенизированных облигаций [6]
Tokenized Energy	Доли структур, владеющих интересами в нефтегазовой добыче	Модель описана в white paper; вторичная торговля обозначена как дальнейшее развитие [10]
Powerledger Hydrogen	Происхождение и способ производства водорода	Предлагаемое решение по прослеживаемости; сопоставимый объём сделок не опубликован [11]
CESC и Powerledger, Индия	P2P-обмен электричеством	Оператор сообщает более чем о 1 000 участниках [12]
Tata Power-DDL и Powerledger, Индия	P2P-обмен распределённой генерацией	В описании проекта указаны более 2 МВт и 150 счётчиков [12]
smartCOMMUNITY, Австрия	Обмен электроэнергией внутри сообщества	Решение представлено в портфеле Powerledger [12]
Польский рынок мощности	Передача обязательств по мощности	Действующий порядок регистрации и проверки вторичных сделок; блокчейн для него не требуется [13]
Испанский механизм мощности	Передача прав на оплату и обязательств доступности	Правовая конструкция вторичного рынка закреплена в сентябре 2026 года; это ещё не статистика сделок [14]

Электричество из солнца, ветра и воды уже представлено в системах цифровой торговли и учёта происхождения. Отдельное направление связано с правами на установки и их денежный поток. Природный газ и нефтегазовая добыча представлены цифровыми характеристиками топлива и инвестиционными правами. Для водорода развивается прослеживаемость. [3, 4, 7, 8, 10, 11]

Тепло, холод, пар, сжатый воздух и вычислительная полезность также допускают измерение, договорное описание и цифровое представление. Однако в рассмотренных источниках не найден сопоставимый подтверждённый масштаб их токенизированного вторичного оборота. Для нашей архитектуры это область разработки и проверки на объектах. Формулировка «все виды энергии уже образовали единый ликвидный рынок» была бы преждевременной.

Что изменил вторичный рынок

Первичный выпуск связывает покупателя с исходным владельцем права. Вторичный рынок позволяет передать уже существующее право следующему участнику. Для инвестора появляется возможность выйти из позиции до завершения проекта; для потребителя или поставщика появляется возможность изменить своё обязательство. Цена начинает отражать и новые ожидания, и готовность других участников принять риск.

У SunContract для этого предусмотрен раздел Trade. Оператор описывает перепродажу ранее приобретённых NFT, покупку по объявленной цене и предложения покупателя. Токены связаны с панелями и их производством; в интерфейсе предусмотрены данные о выработке и сроке действия. Это документированный пример вторичного механизма. Публичных данных, достаточных для оценки глубины рынка, спредов и регулярного оборота, в использованном описании нет. [8]

TraceX позволяет участникам выставять и покупать энергетические сертификаты, импортируемые из поддерживаемых реестров, а затем погашать их для подтверждения потребления соответствующих атрибутов. Опубликованный оборот за январь 2025 года подтверждает торговую деятельность. Из него нельзя вывести, сколько сертификатов сменило владельца повторно и как быстро удастся продать конкретный лот. [3]

В Польше системный оператор PSE описывает вторичные сделки по будущим обязательствам мощности и отдельный механизм перераспределения исполнения после периода напряжённости системы. Сделки проходят регистрацию и проверку. Это пример обращения определённых энергетических прав в обычной инфраструктуре рынка. [13]

В Испании приказ TED/966/2026, опубликованный 17 сентября 2026 года, предусмотрел передачу прав на оплату вместе с обязательствами доступности мощности. Получатель должен соответствовать требованиям; передача связана с проверкой оператором и сохранением требуемой обеспеченной мощности. Здесь доказано появление правового механизма. Наличие существенного торгового оборота этим документом не устанавливается. [14]

Таким образом, вторичный рынок уже существует в конкретных сегментах и формах. Для дальнейшего развития решающими становятся качество самого права и возможность его исполнения. Кнопка продажи решает задачу интерфейса. Ликвидность требует покупателей, сопоставимых условий, достоверных данных, понятной цены и надёжного расчёта.

2 Какую картину мира придётся освоить

Энергетика под другими рынками

Энергия обеспечивает промышленность, транспорт, воду, тепло, холод, связь и вычисления. Любой объект существует в некотором диапазоне допустимой интенсивности. Завод должен запустить оборудование, магазин обязан сохранить товар, дата-центр должен выполнить вычисления, насосная станция должна обеспечить давление. Ограничение мощности становится ограничением их деятельности.

Поэтому токенизация энергетических прав затрагивает собственность, доступ к инфраструктуре, распределение дохода и доверие к обязательствам. По мере расширения рынка меняется и положение тех, кто определяет правила измерения и расчётов. Отсюда масштаб нашего замысла и необходимость трезво относиться к ответственности.

Название пособия напоминает о профессиональной смелости. Финансисту придётся читать график нагрузки, инженеру придётся обсуждать денежный поток, юристу придётся разбираться в проверке исполнения. Человеку, который соединяет эти области, необходимо удерживать всю причинную цепочку. Его задача состоит в создании работоспособной конструкции, которую другие специалисты могут проверить.

Где возникает ошибка

В первой редакции слишком широко говорилось о неудаче прежних попыток. Сегодня точнее поставить другой вопрос: что отличает жизнеспособный энергетический инструмент от предложения, которое остановилось на презентации?

Обычно проверка начинается с простого вопроса: что получает покупатель? Поставку в определённые часы, часть выручки, резерв, право на подключение, экологическую

характеристику или денежное требование к компании? Затем нужно установить, кто обязан это предоставить и за счёт чего он исполнит обещание.

Если ответа нет, объём мирового энергорынка и выбор блокчейна мало помогают. Если ответ есть, появляются следующие вопросы: как измеряется результат, кто платит, как рассчитываются отклонения и что происходит при аварии. Именно на этом уровне формируется экономика инструмента.

Один и тот же проект может хорошо выглядеть для владельца объекта и создавать выпадающие доходы сетевой или сбытовой организации. У этих организаций остаются долговые обязательства, инвестиционные программы и постоянные расходы. Значит, нужно заранее определить, как изменятся договоры и распределение затрат. Неучтённый конфликт возвращается в виде отказа, тарифа, ограничения или судебного спора.

Семь связанных уровней

Уровень	Основной вопрос
Физика	Какая энергия преобразуется и какая полезная работа получается?
Инженерия	Какие оборудование, сеть и накопители задают пределы?
Режим	Когда ресурс доступен, с какой скоростью и на какой срок?
Поведение	Что могут изменить потребитель и оператор без ущерба для основной деятельности?
Экономика	Какой расход уменьшается или какой платёж возникает, у кого и когда?
Право и институты	Кому принадлежит требование, кто обязан его исполнить и какие правила действуют?
Учёт и расчёты	Как подтверждаются события, передаются права и завершаются обязательства?

Каждый следующий уровень зависит от предыдущих. У цифровой записи может быть безупречная история передачи, но ошибочный исходный замер. У технически доступного ресурса может отсутствовать право участия в нужном рынке. У экономии может отсутствовать договор, который превращает её в платёж владельцу токена.

Поэтому рабочая последовательность начинается с физической полезности. Затем определяются мощность и режим, экономический результат, право на этот результат, правила расчёта и цифровая форма. Технологию реестра выбирают под уже сформулированные требования к учёту, передаче и проверке.

3 Мощность как основа энергетического права

Ватты и ватт-часы

Мощность показывает скорость передачи или преобразования энергии. Один ватт равен одному джоулю в секунду. Энергия показывает объём за выбранное время. При постоянной мощности 10 кВт за один час передаются 10 кВт·ч, за десять часов 100 кВт·ч.

Одинаковые 100 кВт·ч можно получить при 100 кВт в течение часа или при 10 кВт в течение десяти часов. Объём энергии совпадает. Требования к оборудованию, сети и графику работы различаются. Именно поэтому счёт за месячное потребление не описывает объект полностью.

Киловатт-час может описывать как уже измеренное потребление, так и объём будущей поставки по договору. Мощность также может быть фактической, прогнозной или договорной. Важна связь величины со временем и обязательством.

Водяная модель помогает это представить. Объём воды в баке похож на запас энергии. Расход воды похож на текущую мощность. Насос и трубопровод ограничивают возможный поток. Диаметр трубы сам по себе мощности не задаёт: нужны давление, сопротивление и режим работы. Та же осторожность нужна в энергетике, где паспорт оборудования показывает лишь часть условий.

Для постоянной мощности действует простая связь: $E = P \times t$. Средняя мощность за период равна $P_{\text{ср}} = E / t$. Если нагрузка меняется, энергию получают суммированием потребления за последовательные интервалы. Шаг измерения выбирают так, чтобы видеть значимые для договора события.

Активная реактивная и полная мощность

Активная мощность P измеряется в кВт и характеризует передачу энергии, которая превращается в работу, тепло и потери. Полезный результат зависит от эффективности оборудования: одинаковая активная мощность может дать разный объём продукции или вычислений.

Реактивная мощность Q измеряется в квар и связана с обменом энергией в электрических и магнитных полях. Она влияет на токи, потери и загрузку оборудования. Её компенсация требует инженерного расчёта с учётом нагрузки, гармоник и условий сети.

Полная мощность S измеряется в кВА и характеризует совокупную электрическую нагрузку оборудования. Для синусоидального режима используются соотношения $S^2 = P^2 + Q^2$ и $\cos \varphi = P / S$. При искажённой форме тока необходимо учитывать гармоники и полный коэффициент мощности; одного $\cos \varphi$ недостаточно.

Например, при активной мощности 700 кВт и коэффициенте мощности 0,80 полная мощность составляет 875 кВА. При коэффициенте 0,95 она составит примерно 737 кВА. Снижаются токовая нагрузка и занятая пропускная способность оборудования при прочих равных условиях. Снижение оплаты активной энергии в той же пропорции из этих цифр не следует. Денежный эффект нужно определить по потерям, условиям договора и фактически высвобождённой возможности.

Почему у одного объекта много мощностей

Понятие	Практический смысл
Установленная	Сумма паспортных мощностей оборудования; состав и метод суммирования должны быть заданы
Доступная	Мощность, которую объект способен дать или принять при текущем состоянии и ограничениях
Гарантированная	Объём, доступность которого обеспечивается на согласованных условиях, в том числе резервом

Понятие	Практический смысл
Присоединённая	Характеристика связи с сетью; содержание термина уточняется по техническим и договорным документам
Заявленная	Величина, которую участник указал для планирования, заявки или договора
Договорная разрешённая максимальная	Пределы и обязательства, установленные применимыми документами; эти названия могут иметь разные юридические значения
Фактическая пиковая	Наибольшая измеренная мощность за выбранный интервал и период наблюдения
Средняя	Энергия за период, делённая на его продолжительность
Базовая и переменная	Постоянная часть нагрузки и её изменяющаяся часть для выбранного режима
Гибкая и управляемая	Часть режима, которую можно изменить; для управляемой части известны команда, пределы и проверка результата
Резервная и свободная	Ресурс для покрытия отклонений либо незанятая возможность; доступность и право её использования подтверждаются отдельно

Паспортный мегаватт солнечной станции не гарантирует мегаватт ночью. Разница между разрешённой и фактической нагрузкой потребителя не становится автоматически продаваемой сетевой мощностью. Между этими цифрами находятся физические ограничения, документы присоединения и правила соответствующего рынка.

У любого ресурса нужно указать место, время, длительность, скорость реакции, качество и вероятность исполнения. Мегаватт, доступный через час на десять минут, отличается от мегаватта, доступного немедленно на четыре часа. Для финансовой модели это разные продукты.

Практический мегаватт

В этом пособии «практический мегаватт» означает мегаватт, который действительно можно предоставить в определённой точке и в определённое время на заданных условиях. Термин объединяет техническую доступность, управляемость, измерение и договорную ответственность. Это рабочее понятие нашей архитектуры.

Свободная мощность приобретает стоимость, когда существует законный и технически выполнимый способ её использования. Виртуальная мощность возникает как эквивалент дополнительного ресурса благодаря координации генерации, накопления и потребления. Управление позволяет получить нужный режим без обязательного строительства такой же новой установки; энергия при этом подчиняется обычному балансу.

Право подключения даёт объекту возможность будущего развития. Экономически оно может напоминать опцион на расширение деятельности. Возможность его передачи, цена и условия исполнения зависят от договора, сети и регулирования. Этот шаг должен быть подтверждён до выпуска цифрового права.

4 Режим нагрузки как источник стоимости

Пик объекта и пик системы

Инфраструктура должна выдерживать требуемую нагрузку с учётом допустимой одновременности, резервирования и перегрузок. Поэтому краткий максимум иногда влияет на затраты сильнее, чем умеренное потребление в течение многих часов. Значение пика определяется устройством сети и правилами оплаты.

Нужно различать мгновенный пусковой ток, максимум средней мощности за 15, 30 или 60 минут, длительное плато нагрузки и сезонный максимум. Для защиты оборудования важен один масштаб времени, для расчёта по договору может быть важен другой. Смещение интервалов создаёт ложную экономию.

Пики возникают из-за технологии, погоды, графика смен или поведения людей. Несколько умеренных нагрузок способны дать высокий общий максимум, если включаются одновременно. Пик отдельного объекта может совпасть с максимумом энергосистемы или пройти в другое время. Полезность его снижения зависит от конкретного ограничения.

Если на площадке стоят сто устройств по 1 кВт, их суммарная паспортная мощность равна 100 кВт. При устойчивом одновременном включении только тридцати фактическая нагрузка составит около 30 кВт. На этом строится учёт одновременности. Но наблюдение одного дня ещё не устанавливает надёжный предел для будущего договора.

Коэффициент загрузки за период равен средней мощности, делённой на пиковую за тот же период. При среднем значении 100 кВт и пике 500 кВт он равен 0,20; при среднем 400 кВт и таком же пике составляет 0,80. Этот показатель помогает увидеть структуру работы. Сам по себе он не оценивает качество бизнеса: резерв и редкие тяжёлые операции могут быть необходимы.

Четыре способа изменить график

Приём	Что происходит	Где искать денежный эффект
Срезание пика, peak shaving	Максимум ограничивается управлением или накопителем	Плата за мощность, ограничения оборудования, отложенное расширение
Перенос нагрузки, load shifting	Работа переносится в другое время	Разница цен и системная ценность разгруженного интервала
Сокращение нагрузки, load shedding	Часть потребления временно уменьшается или отключается	Предотвращённый ущерб или оплата услуги за вычетом потерь основной деятельности
Управление спросом, demand response	Потребитель меняет режим по правилам программы или рынка	Платёж за готовность и/или подтверждённую реакцию

Перенос работы может сохранить прежнее суточное потребление энергии. При этом затраты и нагрузка на сеть изменятся. Программа управления спросом также может оплачивать доступность ресурса, даже если вызовы происходят редко. В каждом случае нужно читать условия продукта.

Как доказать результат

Базовый профиль, или baseline, описывает ожидаемое потребление без управляющего воздействия. От него часто отсчитывают выполненное снижение. Такой профиль требует утверждённой методики: необходимо учитывать погоду, рабочие часы, выпуск продукции и необычные события. Удобная для продавца исходная линия не становится доказательством исполнения.

После снижения возможен возвратный рост нагрузки, rebound effect. Холодильник восстанавливает температуру, аккумулятор заряжается, отложенный процесс догоняет график. Следовательно, нужно анализировать подготовку к событию, само событие и восстановление после него. Иначе локальное снижение может создать следующий пик или израсходовать ожидаемую выгоду.

Скорость изменения мощности также имеет цену. Рост со 100 до 500 кВт за пять минут соответствует средней скорости 80 кВт в минуту. Тот же рост за три часа составляет около 2,2 кВт в минуту. Эти режимы предъявляют разные требования к сети и резерву. Отдельно анализируются пусковые процессы и допустимая частота переключений.

Провал напряжения относится к качеству электроснабжения. Падение потребления показывает изменение нагрузки. Дефицит мощности означает недостаток доступного ресурса. За внешне похожим словом «провал» стоят разные события и разные способы управления риском.

Для сделки гибкость должна быть доступна, вызываема, измерима и оплачиваема. В договоре фиксируются коридор изменения, длительность, число вызовов, время предупреждения, восстановление режима и последствия невыполнения. Только после этого обещанное снижение можно включать в обеспечение финансового инструмента.

5 Электричество холод тепло вода и вычисления

Энергетическая система объекта

У объекта обычно несколько связанных контуров. Электричество приводит компрессоры и насосы в движение, топливо даёт тепло, холодильная система отводит его, вода переносит и запасает энергию. Изменение одного режима отражается на других. Поэтому полезно начинать с карты преобразований и ограничений всей площадки.

Для каждого контура нужны одинаковые вопросы: какую услугу он обеспечивает, какой запас допускает, как быстро меняется нагрузка и что ограничивает управление. Затем можно искать взаимозаменяемость. Иногда тепловой запас или резервуар воды дают объекту больше гибкости на вложенный рубль, чем электрический накопитель. Это проверяется расчётом для конкретной площадки.

Холод и тепло

Холодильный склад обладает тепловой инерцией. В разрешённом температурном коридоре можно заранее охладить продукцию и конструкции, а затем на некоторое время снизить нагрузку компрессоров. В этой функции холодовой контур работает как накопитель полезности.

Его ёмкость зависит от температур, продукции, теплоизоляции, открывания дверей и условий эксплуатации.

Границу задают качество продукции и допустимый режим. Для пищевых, медицинских и других чувствительных грузов её подтверждает ответственный специалист. Возврат к обычной температуре после события, дополнительная работа компрессора и возможные потери входят в экономику услуги.

Тепло можно запасать в воде, материалах и конструкциях здания. Бак горячей воды, тепловая сеть и само помещение обладают разной инерцией. Перенос нагрева по времени может уменьшить пик электрической нагрузки или расход дорогого топлива. Обязательными условиями остаются температура, комфорт, санитарные требования и возможность восстановления запаса.

Вода топливо и механическая работа

Насосная система связывает электроэнергию с расходом, напором и запасом воды. Резервуар позволяет перенести часть перекачки на другой час. Допустимость такого переноса определяется давлением у потребителя, запасом, качеством воды и надёжностью подачи. Аналогичным образом исследуются вентиляция и сжатый воздух, где необходимо учитывать утечки, давление и требования процесса.

Газ и жидкое топливо дают дополнительные варианты работы через котлы, двигатели и установки совместного производства электричества и тепла. Экономика зависит от КПД, доступности топлива, пусков, минимальной нагрузки и ограничений выбросов. Электрический и тепловой результаты учитываются согласованно, чтобы один и тот же топливный поток не был дважды записан как независимое обеспечение.

Накопители

У аккумулятора нужно знать мощность в МВт и запас энергии в МВт·ч. Установки 1 МВт / 1 МВт·ч и 1 МВт / 4 МВт·ч имеют одинаковый предел мощности и разную длительность работы. В идеальном расчёте при полной мощности это один и четыре часа. Реальная доступность зависит от полезного диапазона заряда, потерь, температуры, деградации и уже принятых обязательств.

Суперконденсаторы подходят для коротких импульсов и частых циклов в пределах своей ёмкости. Батарея, тепловой запас и суперконденсатор выполняют разные задачи по длительности и скорости. Выбор оборудования должен следовать из требуемого продукта и полного жизненного цикла затрат.

Вычисления

Дата-центр превращает электрическую мощность в вычислительную услугу. Между вводом электричества и результатом находятся серверы, охлаждение, связь, программное обеспечение, загрузка и резервирование. Поэтому инвестиционный анализ начинается с доступной мощности, её цены и надёжности, а завершается стоимостью полезного вычисления.

Ватты сами по себе не измеряют интеллект или производительность программы. Два комплекса с одинаковым потреблением могут выполнять разный объём работы из-за архитектуры оборудования и качества программ. Для цифрового права на вычисления нужны

дополнительные параметры: вид задачи, скорость, срок, доступность, точность и способ проверки результата.

Часть вычислений можно переносить по времени или месту. Другие задачи требуют немедленного ответа и постоянной доступности. Гибкость появляется внутри этих границ. Резерв питания, охлаждения и связи должен сохранять обещанный уровень услуги.

Многомерная модель энергии

В первой редакции использовалось выражение «энергетический тензор». Сохраним его как авторское название модели, в которой одновременно учитываются несколько свойств ресурса: вид энергии, мощность, время, место, качество, запас, управляемость и право. Само название не означает, что любая таблица данных становится математическим тензором.

Ватты удобны как общая единица скорости энергетического процесса. Для обмена между контурами нужны коэффициенты преобразования и условия полезности. Один мегаватт низкотемпературного тепла, один мегаватт электричества и один мегаватт отвода тепла обладают разными возможностями применения. Сравнивать их можно через конкретную задачу, температуру, эффективность и стоимость преобразования.

Контур	Что измеряем дополнительно к мощности	Что может стать предметом права
Электричество	Точка подключения, профиль, качество, доступность	Поставка, резерв, гибкость, доступ к мощности
Холод и тепло	Температура, тепловой запас, допустимый коридор	Поддержание режима, перенос нагрузки, тепловая услуга
Вода и механическая работа	Расход, напор, давление, объём запаса	Перекачка, готовность, перенос работы
Топливо	Состав, теплотворность, объём, происхождение	Поставка, характеристики топлива, доход от актива
Вычисления	Тип и объём задачи, срок, доступность	Выполненная работа или зарезервированная вычислительная услуга

6 Как полезность становится обращающимся правом

От возможности к денежному потоку

Технический ресурс становится экономическим активом, когда известны полезный результат и тот, кто за него платит. Уменьшение собственного счёта создаёт экономию владельцу. Доход инвестора возникает после того, как договор выделяет ему часть этой экономии или другой денежный поток. Измерение и право на получение денег должны быть согласованы.

Предметом цифрового права могут стать будущая поставка, доступ к мощности, подтверждённая гибкость, резерв, доля денежной экономии, плата за качество, вычислительная услуга или доход инфраструктурного проекта. Для каждого предмета создаётся своя модель исполнения. Одно универсальное обещание «энергии» не заменяет этот выбор.

Отложенное строительство сети также может иметь большую экономическую ценность. Однако предотвращённые капитальные затраты превращаются в выручку проекта только при наличии согласованного механизма оплаты. Нужен участник, который признаёт результат и принимает соответствующее обязательство.

В российском контексте форму инструмента следует выбирать с учётом содержания права. Банк России различает цифровые финансовые активы и другие предусмотренные законом цифровые права; для ЦФА установлены категории требований и регулируемая инфраструктура выпуска. Поэтому бытовое слово «токен» само по себе не определяет юридический режим, возможность передачи или использования для расчётов. Конструкцию проверяют по конкретной юрисдикции и договору. [16]

Паспорт цифрового права

Часть паспорта	Что в ней должно быть
Объект	Установка, нагрузка или портфель; точка поставки и границы измерения
Продукт	Единица, объём, часы, длительность, качество, скорость реакции
Доступность	Метод определения обеспеченного объёма, ограничения, резерв и срок действия
Измерение	Счётчики, телеметрия, базовый профиль, допустимая погрешность, независимая проверка
Экономика	Плательщик, основание платежа, формула цены, расходы и распределение результата
Право	Владелец требования, обязанное лицо, применимое право, порядок передачи и разрешения споров
Риск	Отклонения, ответственность, замещение, обеспечение и предел покрытия
Расчёт	Сроки подтверждения, взаимозачёт, платежи, комиссии и момент окончательности
Цифровая запись	Уникальный идентификатор, связь с документами, статус, история и прекращение права

Счётчик и программный источник данных образуют канал доказательств. В блокчейн-системах такой источник часто называют оракулом. Он должен иметь определённого оператора, методику и ответственность. Сохранённая запись помогает проверить историю, но исходную достоверность обеспечивают измерение, контроль и возможность оспаривания.

Жизненный цикл и защита от двойного счёта

Прогноз ресурса, его резервирование, принятое обязательство и подтверждённое исполнение имеют разные статусы. Сначала оценивается доступность; затем объём закрепляется за обязательством. После команды или срока поставки фиксируется результат, проходит проверка и производится расчёт. Исполненное либо использованное право закрывается в соответствии с правилами продукта.

Право на будущую работу отличается от требования оплатить уже принятую работу. При передаче покупатель должен видеть этот статус, а также сохранившиеся ограничения и

обременения. Новый владелец получает ровно тот объём прав, который может передать прежний.

Одно и то же право может последовательно перепродаваться много раз. При этом один и тот же ресурс нельзя обещать нескольким покупателям на несовместимых условиях. Продажа сертификата происхождения, электричества и совместимой услуги резерва иногда допускается одновременно, но только при разделении предметов, соблюдении правил рынков и отсутствии двойного заявления одного результата.

Эту задачу решают уникальная идентификация, проверка связанных реестров, блокировка занятого объёма и учёт обязательств по времени. Погашение сертификата для заявления об использовании энергии должно исключать его дальнейшую продажу как неиспользованного. Для мощности нужно учитывать все одновременные вызовы, которые допускают договоры.

Условия вторичного обращения

Для передачи права потребуются стандартизированный паспорт, проверенная история и понятное изменение обязанностей. В некоторых продуктах достаточно смены владельца требования. В других требуется согласие обязанного лица или системного оператора, проверка нового исполнителя и замена обеспечения.

Рыночная цена отражает оставшийся срок, ожидаемый денежный поток, ограничения передачи, вероятность исполнения и стоимость выхода. Поэтому вторичный рынок становится также системой обратной связи. Если право продаётся только с большим дисконтом или месяцами ждёт покупателя, это сигнал о его свойствах и спросе.

Ликвидность нужно измерять фактическими сделками: объёмом, числом независимых покупателей, временем продажи, разницей между ценами покупки и продажи и поведением в напряжённый период. Объявленный листинг и число выпущенных токенов этих показателей не заменяют.

7 Глобальная резервная энергетическая система

Для чего нужен общий центр

Наш проект направлен на объединение локальных энергетических ресурсов в систему с общими правилами описания, резервирования, обращения и расчётов. Участники сохраняют связь с реальными объектами и местными рынками. Общее ядро обеспечивает сопоставимость прав, учёт обязательств, прозрачность резервов и координацию.

Функциональная аналогия с FRS, Федеральной резервной системой США, относится к сочетанию центрального уровня и распределённых участников, устойчивости расчётов и организации ликвидности. В действующей ФРС эти задачи входят в более широкий публичный мандат, включающий денежную политику и финансовую стабильность. У предлагаемой нами системы полномочия первоначально возникают из договоров участников и применимого регулирования. [15]

Глобальность означает совместимые правила и возможность соединять рынки. Физическая поставка остаётся ограниченной сетями, трубопроводами, хранилищами и транспортом.

Избыток мощности в одной стране не может автоматически закрыть дефицит в другой. Такое замещение признаётся только при существовании реального маршрута и необходимого права на его использование.

Два вида резерва

Физический резерв покрывает энергетическое обязательство: дополнительная генерация, заряд накопителя, управляемое снижение нагрузки, запас топлива или другой пригодный ресурс. Он должен соответствовать месту, длительности и скорости требуемого исполнения. Его учитывают в подходящих физических единицах.

Финансовый резерв покрывает расчётные потребности и предусмотренные денежные потери: задержку платежа, стоимость замещения, обеспечение сделки. Его учитывают в деньгах и доступных ликвидных активах с установленными ограничениями. Денежная компенсация и физическое выполнение услуги должны быть отдельно описаны в договоре.

Оба резерва связаны, но ведутся в разных регистрах. Система обязана видеть, хватит ли ресурса для исполнения и хватит ли средств для расчёта. Финансовое обеспечение не увеличивает пропускную способность перегруженной линии и не сокращает время запуска установки.

Устройство системы

Участник или функция	Ответственность
Владельцы объектов	Достоверное описание оборудования, доступ к измерениям, выполнение режима
Локальные агрегаторы	Сбор портфеля, команды, соблюдение сетевых и технологических ограничений
Независимые проверяющие	Подтверждение доступности и исполнения по общей методике
Реестр прав	Уникальность выпуска, история владения, ограничения, занятые объёмы и погашение
Расчётный центр	Определение взаимных требований, обеспечение и окончательные платежи
Оператор резервов	Доступность замещения, лимиты риска, проверка покрытия и восстановление запасов
Общее управляющее ядро	Стандарты, допуск участников, аудит, процедуры изменения правил и разрешения споров

Мы претендуем на роль создателя и организатора этого ядра. Центральное положение означает ответственность за качество правил и доверие к ним. Для такой роли необходимы прозрачный допуск, понятные тарифы, независимая проверка и процедура споров. Эмитент не должен оставаться единственным судьёй достоверности собственного обеспечения.

Как удерживать устойчивость

Обеспеченный объём определяется с запасом к техническому пределу. Учитываются ошибки прогноза, ремонты, связь, погода, изменение потребления и общие причины отказа. Десять солнечных станций в одной погодной зоне не дают ту же независимость рисков, что десять ресурсов с различными условиями работы.

Лимиты должны задаваться по участникам, регионам, технологиям и времени исполнения. Для сложных портфелей нужны сценарии одновременных неблагоприятных событий. Резерв, уже закреплённый за одним обязательством, учитывается при принятии следующего. Расходование покрытия требует понятного порядка его восстановления.

Отдельный риск связан с управлением и данными. Потеря связи, неверный сигнал счётчика или компрометация команды способны нарушить исполнение. Поэтому на объектах сохраняются допустимые локальные режимы, права доступа и заранее определённые действия при отказе цифровой части.

Первые общие стандарты разумно проверять на небольшом числе повторяемых продуктов. Например, на подтверждённом снижении нагрузки в согласованном интервале и на резерве накопителя с известной длительностью. Масштабирование следует за серией исполненных сделок и проверкой поведения резерва.

8 Экономика меньшей стоимости и большей отдачи

Откуда появляется общий выигрыш

Мы хотим одновременно снизить стоимость полезной работы, уменьшить риски и увеличить доходность вложенного капитала. Такое сочетание возможно, когда проект устраняет реальные потери: сокращает дорогие пики, увеличивает полезную загрузку оборудования, уменьшает аварийные простои, откладывает ненужные капитальные вложения или снижает затраты на проверку и расчёты.

Токенизация помогает закрепить и распределить этот результат, ускорить передачу права и упростить привлечение средств. Она не создаёт физическую экономию одним фактом выпуска токена. В модели нужно разделять улучшение работы объекта, организационный эффект и изменение условий финансирования.

Снижение риска обычно уменьшает требуемую инвестором ставку при прочих равных условиях. Поэтому цель «повысить доходность» следует раскрывать через большую полезную выработку капитала, меньшие потери и лучший результат с учётом риска. Обещание одновременно более высокой гарантированной ставки и меньшего риска потребовало бы отдельного источника покрытия.

Условный пример распределения эффекта

Предположим, прежние годовые затраты на одну и ту же полезную услугу составляли 100 условных денежных единиц. После изменения режима прямые и приведённые затраты на оборудование снизились до 84. Валовой ресурс для распределения составляет 16 единиц. Все числа в этом примере учебные; результат действующего проекта ими не описывается.

Кому или на что направлен эффект	Условные единицы в год
Снижение расходов потребителя	6
Дополнительное вознаграждение инвестору	4
Вознаграждение организатору и оператору	3

Кому или на что направлен эффект	Условные единицы в год
Пополнение резерва	2
Измерение и расчёты	1
Всего	16

Потребитель в итоге платит 94 вместо 100. Из этих 94 единиц 84 покрывают новые затраты на услугу, ещё 10 распределяются по остальным строкам. Два направления улучшения существуют одновременно: услуга стала дешевле для потребителя, а у участников появился дополнительный результат. Резерв при этом остаётся обеспечением обязательств и не записывается как свободная прибыль.

В реальном проекте предварительно проверяются вложения, стоимость капитала, сроки, налоги, эксплуатация, деградация, потери основной деятельности и влияние на существующие договоры. Часть эффекта может потребоваться для покрытия переходных затрат сетевой или сбытовой организации. Доходность инвестора рассчитывается по календарю всех его вложений и поступлений.

Когда объект начинает зарабатывать на своём режиме

Потребитель может получать оплату за резерв, управление спросом, доступность мощности или другие услуги. Если совокупный доход превышает полные энергетические расходы объекта с учётом оборудования, финансирования, эксплуатации и риска, его энергетическая деятельность даёт положительный денежный результат.

Это возможная экономика конкретного объекта. Она требует устойчивых покупателей услуг и проверки всех затрат. Само наличие нескольких источников дохода ещё не доказывает их совместимость: одна батарея может физически не выполнить одновременно продажу энергии, резерв и срезание собственного пика.

В этом и состоит смысл задуманного парадоксального движения на рынке. Мы уменьшаем издержки системы и делим высвободившийся результат так, чтобы потребителю, владельцу ресурса и капиталу было выгодно участвовать. Качество архитектуры измеряется величиной и устойчивостью этого общего выигрыша.

9 Рабочая группа первые сделки и наше место

С чего начинается разговор

Разговор энергетика и финансиста лучше строить вокруг конкретного объекта. Покажите его полезную работу, оборудование, подключение и график нагрузки. Затем обозначьте ограничение: дорогой пик, дефицит мощности, ненадёжность снабжения, низкую загрузку, затруднённое расширение или неиспользованную гибкость.

Следующий шаг состоит в объяснении управляемого изменения. Что именно мы можем сделать, в каком интервале, как часто и без какого ущерба? После этого показываются способ измерения, экономический результат, плательщик и договор. Только с такой основой можно обсуждать выпуск, обеспечение, передачу и цену права.

Для первой встречи достаточно ясной формулировки: «У этого объекта есть подтверждаемая возможность изменить режим на таких-то условиях. У такого-то участника есть основание за неё платить. Мы организуем исполнение, резерв, расчёт и обращение соответствующего права». Каждый пропуск в этой фразе обозначает часть предстоящей работы.

Кто нужен в группе

Для такой работы обязательно нужна группа специалистов разных профессий. Её общий предмет работы состоит в том, чтобы найти реальную энергетическую возможность, организовать её использование, превратить результат в определённое право и довести сделку до исполнения и расчёта. На каждом шаге решения одной профессии влияют на работу остальных.

Одним энергетикам трудно охватить финансирование, договоры и обращение прав. Финансисты и банкиры могут выстроить денежную модель, но для оценки её основания им нужны люди, которые понимают оборудование, режим и надёжность. Экономист помогает увидеть полный эффект и распределение затрат. ИТ-специалисты создают учёт, управление и передачу данных, однако содержание цифровой записи необходимо определить вместе с инженерами, экономистами и юристами.

Поэтому даже сильной команде внутри одной специальности потребуется сотрудничество с другими. Ошибка часто возникает именно между областями: техническая возможность ещё не закреплена договором, ожидаемая экономия не даёт платёжного требования, программа учитывает ресурс, который уже обещан другому покупателю. Совместная работа позволяет заметить такие разрывы до выпуска инструмента.

В рабочей группе энергетик определяет физические возможности и ограничения. Оператор объекта отвечает за допустимость режима. Экономист связывает изменение режима с полными затратами и денежным потоком. Финансист и банкир разрабатывают условия привлечения капитала, обеспечения и расчётов. Юрист оформляет права и ответственность. ИТ-специалист и специалист по данным обеспечивают управление, измерение и проверяемую историю событий.

Архитектор системы удерживает связи между этими задачами, а независимый проверяющий подтверждает результат по согласованной методике. Для вторичного обращения подключаются покупатели и посредники, готовые работать с такими правами. Состав группы определяется конкретной сделкой; часть функций может совмещаться, но за каждую должен отвечать компетентный участник.

Практически группа работает над одним объектом и одним набором документов: графиком нагрузки, моделью затрат и доходов, паспортом права, договором и результатами исполнения. Участники вместе проверяют, совпадают ли обещание покупателю, возможности объекта и условия оплаты. Именно такой способ работы позволяет быстрее двигаться и разделять профессиональную ответственность без потери общей картины.

Учебная сделка

Рассмотрим склад с максимумом нагрузки 500 кВт. Предварительный анализ показывает возможность снизить потребление на 100 кВт в течение двух часов благодаря запасу холода. До выпуска права нужно подтвердить температурный коридор, режим подготовки, доступность персонала и оборудования, методику базового профиля и восстановление после события.

Если в согласованном интервале подтверждено снижение на 100 кВт в течение двух часов, объём изменения относительно базового профиля составит 200 кВт·ч. Это величина

выполненного воздействия в данном интервале. Суточное потребление может уменьшиться, сохраниться или вырасти после восстановления. Итог зависит от фактического режима.

Затем проверяется договор: за что платит покупатель, как принимается результат, что происходит при недостижении температуры или отказе компрессора, какой резерв допускает замещение. Если объект доступен лишь в некоторые дни, право должно отражать эти дни. Если перепродажа допускается, новый владелец получает те же условия и историю обязательства.

После нескольких событий можно уточнить обеспеченный объём, расходы и риск. На этой основе формируется следующий выпуск. Скорость увеличивается благодаря повторяемой методике и накопленным данным.

Минимум подготовки

Перед участием в разработке сделки человек должен уметь выполнить следующие действия.

- Различить энергию и мощность и объяснить, почему одинаковые кВт·ч могут требовать разной инфраструктуры.
- Прочитать график нагрузки, указать интервал измерения, пик, среднюю мощность и совпадение с системным максимумом.
- Разделить установленную, доступную, договорную и управляемую мощность объекта.
- Объяснить роль полной мощности, качества электроснабжения и локальных сетевых ограничений.
- Описать перенос и снижение нагрузки, базовый профиль, возвратный рост и скорость реакции.
- Связать мощность накопителя с его запасом энергии и допустимой длительностью работы.
- Найти полезность тепла, холода, воды, топлива или вычислений в пределах реальных технологических ограничений.
- Назвать предмет права, владельца требования, обязанное лицо, плательщика и способ проверки исполнения.
- Показать полную экономику, резерв, возможные потери и защиту от двойного счёта.
- Объяснить, кому и на каких условиях право можно передать, а также чем подтверждается спрос на вторичном рынке.

Для дальнейшей работы понадобятся агрегация ресурсов, тарифная и сетевая экономика, оценка капитальных затрат, надёжность портфеля и процедуры расчётов. Глубина знания у специалистов будет разной. Общий минимум нужен, чтобы участники одинаково понимали предмет обсуждения.

Как измерять скорость

Направление	Рабочий показатель
Подключение объекта	Время от начала обследования до первого подтверждённого расчёта
Рост ресурса	Обеспеченная мощность по месту и длительности, принятая в систему
Качество исполнения	Доля выполненных обязательств и стоимость отклонений
Вторичное обращение	Фактическое время продажи, оборот, число покупателей и спред
Экономика	Полная стоимость единицы полезного результата и доходность с учётом риска
Устойчивость	Достаточность физических и денежных резервов в заданных сценариях

Влияние на скорость означает уменьшение времени между реальной возможностью и исполненной сделкой. Для этого нужны понятные продукты, повторяемое обследование, достоверные данные, совместимые договоры и доступные расчёты. Качество исполнения задаёт предел допустимого ускорения.

Мы рассматриваем токенизацию энергетических прав как уже начавшийся процесс и выбираем роль его организатора. Нам нужно собрать группу, которая сможет создать общее ядро правил, провести первые сделки и сделать подключение следующих участников проще. Центральное место определяется тем, насколько полезной и надёжной станет созданная нами система.

Источники и границы данных

Дата исследовательского среза: 19 сентября 2026 года. Даты публикаций сохранены рядом с источниками, поскольку объём за конкретный месяц, историческая выборка и текущий статус площадки отвечают на разные вопросы. Ссылки ведут на первичные описания проектов, сообщения эмитентов, документы операторов и исследовательские работы.

Учебные расчёты в главах 3, 4, 8 и 9 выполнены для объяснения механики. Они не являются оценкой конкретной инвестиции. Архитектура резервной системы и тезис о будущих деньгах в мощности относятся к авторскому замыслу.

[1] **O'Donovan P и O'Sullivan D T J.** A Systematic Analysis of Real-World Energy Blockchain Initiatives. Future Internet, 2019, 11(8), 174. Историческая выборка из 131 инициативы. Открыть источник

[2] **IFP Energies nouvelles.** Accelerating the energy transition with blockchain technology. 21 января 2020 года. Обзор 215 энергетических проектов и описание эксперимента WePower / Elering с данными 24 ТВт·ч. Открыть источник

[3] **Powerledger.** TraceX Marks a Strong Start in 2025 with Over 1.2 Million RECs Traded. 13 февраля 2025 года. Данные оператора о торговле за январь. Открыть источник

[4] **Fiùtur.** Digital Natural Gas: Enabling Transparency in Global Energy Supply Chains. 18 марта 2025 года. Реестр, накопленная регистрация газового производства и цифровые характеристики топлива. Открыть источник

[5] **SunContract.** Официальный сайт. Сведения о P2P-платформе и числе зарегистрированных пользователей на дату обращения. Открыть источник

[6] **REC Limited.** Официальное сообщение эмитента о пилотном выпуске токенизированных корпоративных облигаций под надзором SEBI. Сентябрь 2026 года. Принятый объём ₹500 crore. Открыть источник

[7] **Powerledger.** Renewable Energy Certificate Trading: What It Is and Why Does It Matter? 13 января 2025 года. Предмет сертификата и единица учёта. Открыть источник

[8] **SunContract.** Discover the SunContract NFT Marketplace. 23 августа 2024 года. Описание коллекций, покупки, вторичного раздела Trade и связи с солнечными панелями. Открыть источник

[9] **Fiùtur и Digital Asset.** Fiùtur and Digital Asset Announce Tokenization of Energy Supply Chain Attributes. 5 марта 2025 года. Описание подключения к Canton и модели атрибутов в финансировании. Открыть источник

[10] **Tokenized Energy.** White Paper. Март 2025 года. Модель долей в структурах нефтегазовых активов и планы дальнейшей вторичной торговли. Открыть источник

[11] **Powerledger.** Hydrogen. Официальное описание решения по прослеживаемости происхождения водорода; объём рынка в описании не установлен. Открыть источник

[12] **Powerledger.** Официальное описание проектов и клиентов. CESC, Tata Power-DDL и smartCOMMUNITY. Показатели приведены в формулировках оператора на дату обращения. Открыть источник

[13] **PSE.** FAQ Rynek mocy. Раздел о вторичном рынке мощности: передача обязательств и перераспределение исполнения. Официальные разъяснения системного оператора Польши. Открыть источник

[14] **Boletín Oficial del Estado.** Orden TED/966/2026, de 15 de septiembre. Опубликован 17 сентября 2026 года. Статья 21 о вторичном рынке прав на оплату и обязательств доступности мощности. Открыть источник

[15] **Board of Governors of the Federal Reserve System.** The Fed Explained: Who We Are. Официальное описание устройства и функций ФРС. Основание для ограниченной функциональной аналогии. Открыть источник

[16] **Банк России.** Цифровые финансовые активы и операторы информационных систем. Официальное описание категорий прав и инфраструктуры; состояние страницы на дату обращения. Открыть источник