

Новак К.А

студент

4 курс, факультет «Горно-нефтяной»

Пермский Национальный Исследовательский Университет

Россия, г. Пермь

**РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ CARBON DATA VAULT & EXCHANGE
(CDVE) КАК ИНФРАСТРУКТУРНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ
ВЕРИФИКАЦИИ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В НЕФТЕГАЗОВОМ
СЕКТОРЕ**

Аннотация: Статья посвящена исследованию проблемы фрагментации и низкой достоверности данных о выбросах парниковых газов в нефтегазовой отрасли. Авторами предлагается инновационная концепция платформы Carbon Data Vault & Exchange (CDVE), представляющей собой гибридную блокчейн-систему для защищенного хранения, независимой верификации и коммерциализации углеродных данных на уровне скважин, месторождений и цепочек поставок. Рассматривается архитектурное решение на основе консорциумного блокчейна и децентрализованного хранилища, обеспечивающее криптографическую доказательность и неизменяемость экологической информации. Представлена бизнес-модель платформы, включающая механизмы нотариализации данных, токенизации верифицированных углеродных единиц и создания рынка «зеленых» энергоносителей с премиальным ценообразованием. Проведен анализ экономического эффекта от внедрения CDVE для нефтегазовых компаний в контексте ужесточения экологического регулирования (СВАМ, налог на углерод, «зеленое» финансирование).

Ключевые слова: декарбонизация, углеродный след, метановые выбросы, блокчейн, распределенный реестр, верификация данных, углеродные кредиты, нефтегазовый сектор, экологическое регулирование, цифровая платформа.

Annotation: The article is devoted to the study of the problem of fragmentation and low reliability of greenhouse gas emissions data in the oil and gas industry. The authors propose an innovative concept of the Carbon Data Vault & Exchange (CDVE) platform, which is a hybrid blockchain system for secure storage, independent verification and commercialization of carbon data at the level of wells, fields and supply chains. An architectural solution based on a consortium blockchain and decentralized storage is considered, providing cryptographic provability and immutability of environmental information. The business model of the platform is presented, including mechanisms for data notarization, tokenization of verified carbon units and the creation of a market for "green" energy carriers with premium pricing. The analysis of the economic effect of CDVE implementation for oil and gas companies in the context of tightening environmental regulation (CBAM, carbon tax, "green" financing) is carried out.

Key words: decarbonization, carbon footprint, methane emissions, blockchain, distributed ledger, data verification, carbon credits, oil and gas sector, environmental regulation, digital platform.

Введение

Глобальный энергетический переход и ужесточение климатической повестки формируют новые парадигмы конкурентоспособности для нефтегазового сектора. Ключевым вызовом становится необходимость прозрачного учета, верификации и минимизации углеродного следа, особенно в части метановых выбросов, потенциал глобального потепления от которых в 84-86 раз превышает CO₂ на 20-летнем горизонте. Действующие системы инвентаризации выбросов характеризуются критическими недостатками: фрагментацией данных между операторами, сервисными компаниями и

регуляторами; преобладанием расчетных, а не инструментально измеренных показателей; отсутствием единых доверенных стандартов верификации.

Это приводит к формированию «углеродного дисконта» для всей отрасли, неспособности доказать реальные экологические показатели перед стейкхолдерами и потере потенциальной премии на зарождающемся рынке низкоуглеродных энергоносителей. Указанные проблемы обостряются введением трансграничного углеродного регулирования (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM), ужесточением национальных экологических нормативов и ростом требований со стороны «зеленых» финансовых институтов.

Целью данного исследования является разработка концепции и технико-экономическое обоснование специализированной цифровой инфраструктуры – Carbon Data Vault & Exchange (CDVE), призванной трансформировать углеродные данные из обременения в ликвидный цифровой актив, обеспечить доверие к экологической отчетности и создать основу для новых рыночных механизмов в энергетике.

1. Анализ проблемы фрагментации и недостоверности углеродных данных

Современная система учета выбросов в нефтегазовой отрасли представляет собой набор изолированных информационных островков (Рис. 1).

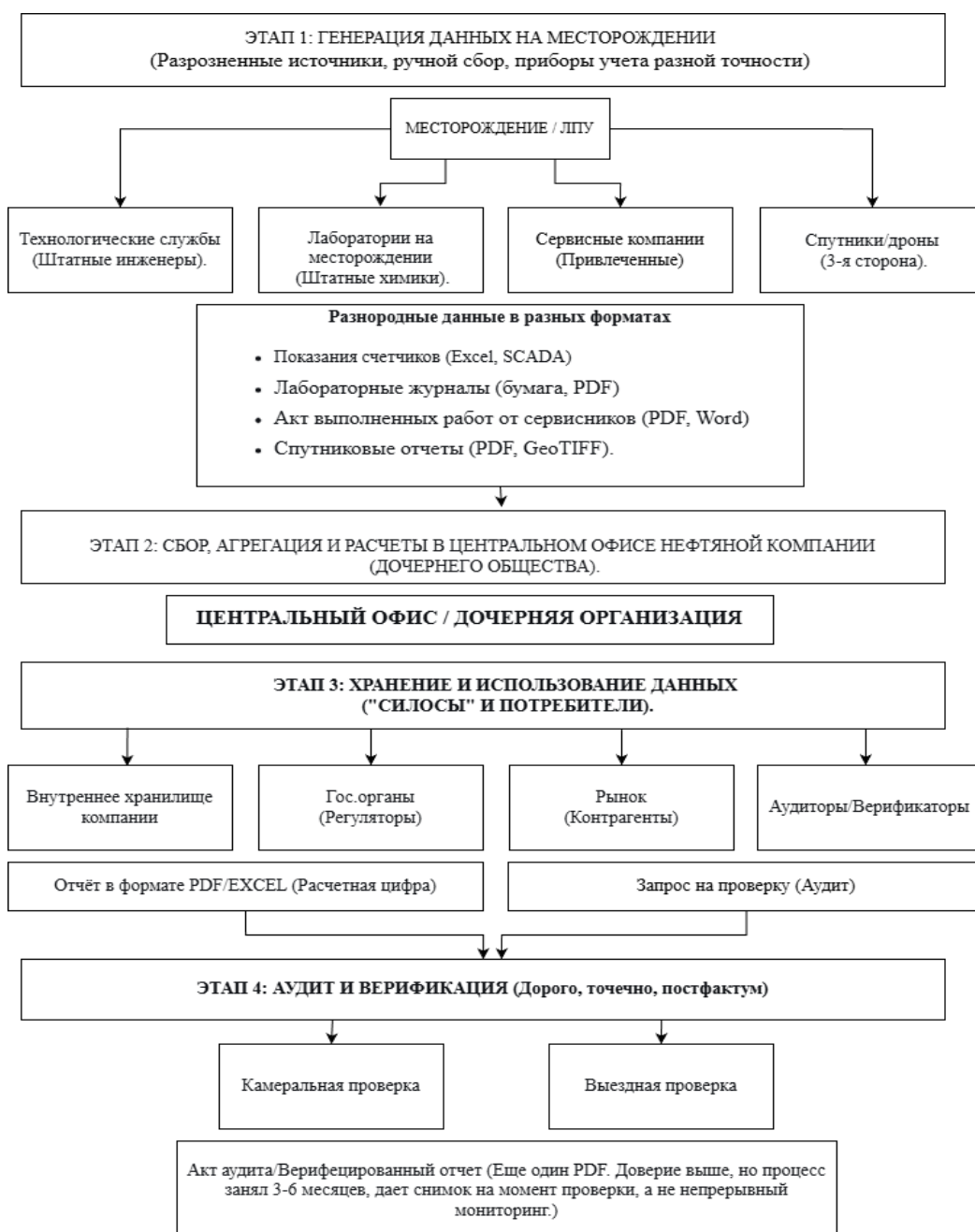


Рисунок 1. Схема фрагментации источников данных о выбросах в нефтегазовом секторе

Основные проблемы текущей модели:

- 1. Ведомственная разобщенность.** Данные генерируются в различных форматах и хранятся в системах операторов (ERP, SCADA), сервисных подрядчиков, аккредитованных лабораторий и контролирующих органов, что исключает формирование целостной картины.

2. **Методологическая неоднородность.** Применяются различные методики расчета (например, методология IPCC Tier 1-3), что делает данные несопоставимыми даже в пределах одного месторождения.
3. **Отсутствие инструментальной верификации.** Более 80% данных представляют собой расчетные значения на основе эмпирических коэффициентов, а не результаты прямых измерений с помощью спектрометров, датчиков IoT или спутникового мониторинга (GHGSat, Sentinel-5P) .
4. **Риск манипуляций.** Централизованные реестры данных уязвимы для несанкционированных изменений, что ставит под сомнение их достоверность для аудиторов, инвесторов и регуляторов.

Следствием является формирование «углеродного парадокса»: компании несут реальные затраты на снижение выбросов, но не могут конвертировать эти инвестиции в рыночное преимущество из-за отсутствия доверенного механизма доказательства.

2. Концепция и архитектура платформы Carbon Data Vault & Exchange (CDVE)

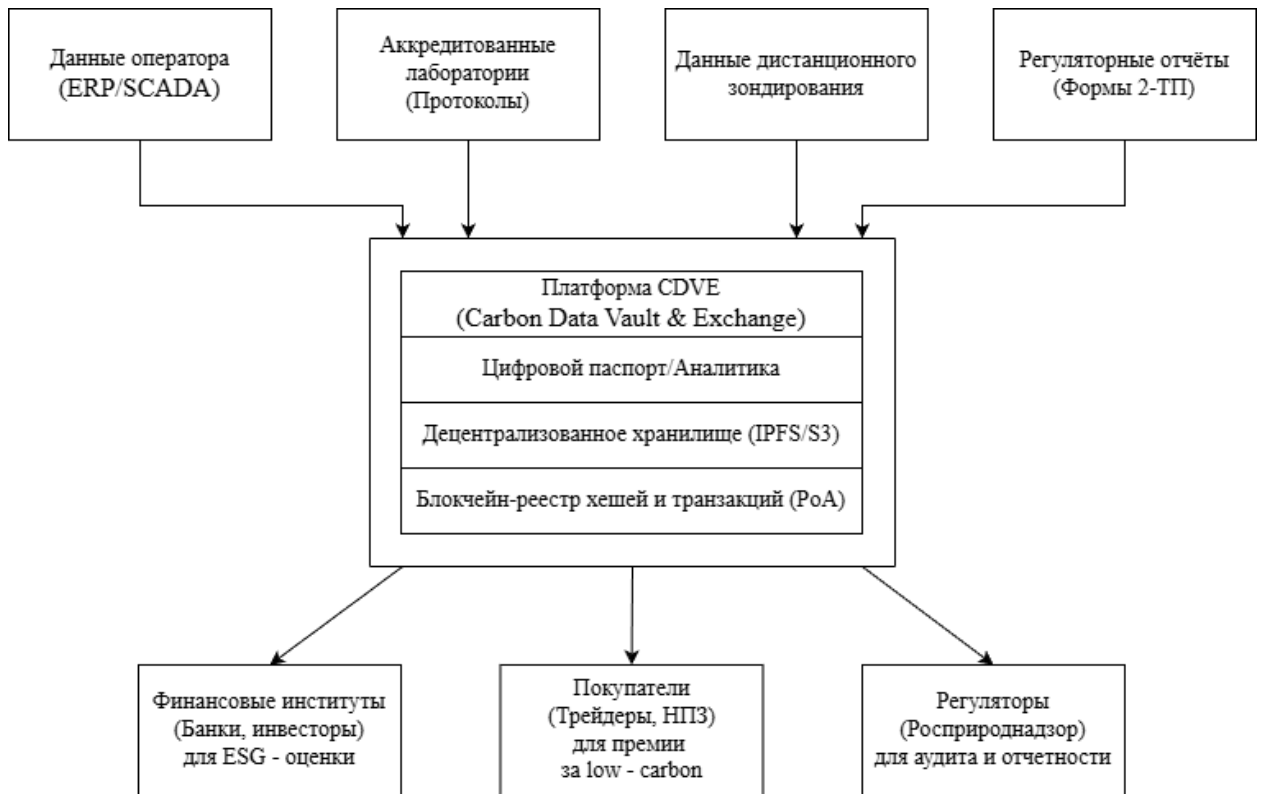


Рисунок 2. Концепция и архитектура платформы Carbon Data Vault & Exchange (CDVE)

CDVE позиционируется как нейтральная технологическая инфраструктура, функционирующая по принципу «цифрового нотариуса». Ее ядро составляет гибридная архитектура, сочетающая консорциумный блокчейн для записи неизменяемых фактов и децентрализованное хранилище для самих массивов данных.

2.1. Компоненты платформы:

1. Carbon Data Vault (CDV) – доверенное хранилище.

- Принимает сырые и структурированные данные из разнородных источников: телеметрия с датчиков на устье скважины, отчеты о замерах ПДВ, результаты спутникового мониторинга, лабораторные протоколы анализа попутного нефтяного газа.

- Обеспечивает криптографическую нотаризацию: вычисляет хэш-сумму (SHA-256, Кессак-256) каждого датасета и фиксирует ее вместе с метаданными (временная метка, идентификатор источника, тип данных) в блокчейне.
- Формирует динамический «Цифровой паспорт объекта» (скважины, куста, месторождения), агрегирующий всю историю его экологических показателей и мероприятий по их снижению.

2. Carbon Data Exchange (CDE) – биржевой модуль.

- На основе верифицированных в CDV данных позволяет эмитировать цифровые сертификаты, подтверждающие низкий углеродный след партии углеводородов, обеспечивая механизм токенизации углеродных единиц в формате, совместимом со стандартами (например, ERC-1155 для нефти, ERC-721 для уникальных проектов), и их вторичный оборот.
- Предоставляет API для интеграции с торговыми площадками, банками и системами логистики для построения «безуглеродных» цепочек поставок.

• 2.2. Технологический стек и архитектура безопасности.

Для реализации CDVE предлагается использовать стек технологий корпоративного уровня:

- Консорциумный блокчейн: Hyperledger Fabric или Enterprise Ethereum (Quorum), где нодами-валидаторами выступают независимые организации (аудиторские компании, научные институты, НПА).
- Децентрализованное хранение: IPFS (InterPlanetary File System) или децентрализованные облачные хранилища для обеспечения отказоустойчивости и неизменности исходных файлов.
- Смарт-контракты: автоматизируют бизнес-логику: проверку соответствия данных стандартам (например, требованиям ISO 14064), выпуск сертификатов, расчет комиссий.
- Оракулы: Специализированные программные агенты для безопасного импорта внешних данных (например, потоковых данных со спутниковых API, показаний государственных систем мониторинга).

Критическим элементом является модель консенсуса Proof-of-Authority (PoA), где право генерации блоков имеют только заранее одобренные и идентифицированные организации, что обеспечивает высокую производительность и соответствие регуляторным требованиям. Для обеспечения полного аудита и соответствия принципам «зеленых» вычислений, в CDVE реализуется механизм создания криптографически связанной цепочки доказательств (proof chain). Каждый этап жизненного цикла данных — от измерения датчиком до формирования агрегированного показателя в цифровом паспорте — сопровождается генерацией цифрового следа, записываемого в реестр.

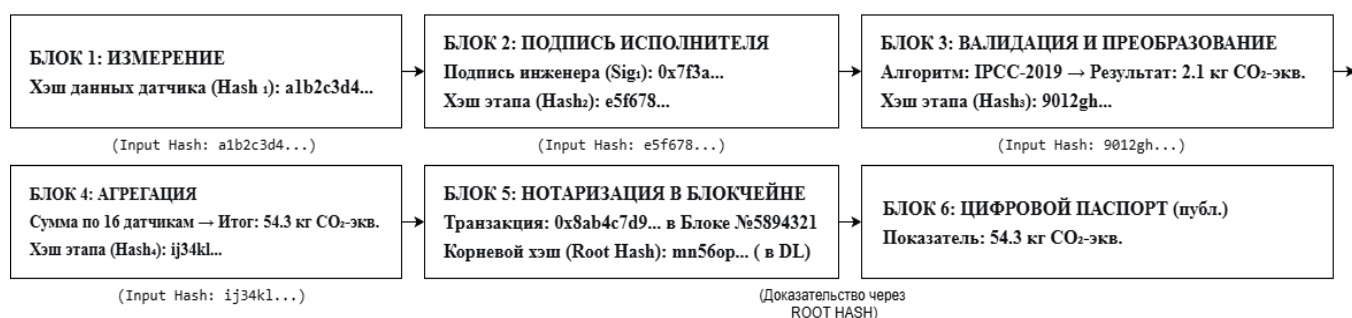


Рисунок 3. Механизм формирования криптографической цепочки доказательств (Proof Chain) в CDVE

Каждый последующий хэш включает в себя хэш предыдущего этапа. Любое изменение на любом этапе (даже в исходных данных) приведет к каскадному изменению всех последующих хэшей, включая финальный Root Hash в блокчейне, что будет немедленно обнаружено при верификации.

3. Бизнес-модель и экономический эффект

Таблица 1.

Категория участников	Ценностное предложение	Модель монетизации для оператора CDVE
Нефтегазовые операторы	Снижение углеродных платежей (СВАМ, налог), доступ к «зеленому» финансированию, премия за low-carbon продукт.	Подписка на платформу, плата за верификацию датасета, комиссия с эмиссии сертификатов.
Сервисные компании	Новый продукт – услуга по предоставлению верифицированных данных; конкурентное преимущество.	Партнерская комиссия за привлеченного клиента, плата за API-интеграцию.
Финансовые институты	Доступ к аудируемым данным для ESG-рейтингования и оценки рисков.	Плата за доступ к агрегированной отраслевой аналитике (Data-as-a-Service).

Трейдера и конечные покупатели	Возможность формирования и продажи сертифицированных «зеленых» партий;	Комиссия за сделку на биржевом модуле (CDE).
---------------------------------------	--	--

Модель монетизации и ценностное предложение платформы CDVE

Экономический эффект для нефтегазовой компании среднего размера (добыча ~10 млн т.н.э. в год) может составить:

- Избежание платы за эмиссии в рамках CBAM при экспорте в ЕС (потенциальная экономия: \$2-5 млн в год при цене €50 за тонну CO₂-эквивалента).
- Премия к цене на низкоуглеродную нефть марки «green crude» на уровне \$1-3 за баррель.
- Снижение стоимости капитала: Разница в ставках по «зеленым» и обычным кредитам может достигать 2-5% годовых .

4. Правовые и регуляторные аспекты внедрения

Успешная имплементация CDVE требует решения ряда правовых вопросов:

1. Юридический статус блокчейн-записи. Необходимо признание криптографического хэша, привязанного к временной метке в распределенном реестре, в качестве электронного доказательства в арбитражных судах и при проверках Росприроднадзора.
2. Стандартизация данных. Требуется разработка и утверждение отраслевого стандарта формата передачи и верификации углеродных данных, возможно, в сотрудничестве с Росстандартом на основе адаптации международных норм (OGMP 2.0, ISO 14064).
3. Регулирование токенов. Обращение цифровых сертификатов на углеродные единицы должно соответствовать законодательству о цифровых финансовых активах (ФЗ-259).

Наиболее реалистичным сценарием является поэтапное внедрение, начиная с корпоративного уровня в качестве системы добровольной углеродной отчетности повышенной достоверности, с последующей интеграцией в государственную систему мониторинга.

Заключение

Предложенная концепция Carbon Data Vault & Exchange (CDVE) представляет собой системный ответ на вызовы декарбонизации нефтегазового сектора. Она позволяет преодолеть ключевое противоречие между растущими затратами на снижение выбросов и отсутствием рыночных механизмов для их монетизации.

Технологическая основа CDVE, построенная на консорциумном блокчейне, обеспечивает необходимый баланс между прозрачностью, безопасностью и производительностью, создавая «цифровую доверенную среду» для всех стейкхолдеров. Реализация платформы открывает доступ к новым источникам стоимости: от снижения регуляторных издержек и премиального ценообразования до формирования новых финансовых инструментов на основе углеродных активов.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на детальную проработку пилотных проектов по интеграции CDVE с действующими системами промышленного контроля, а также на анализ полного жизненного цикла данных в рамках платформы для оптимизации ее архитектуры и бизнес-модели.

Использованные источники:

1. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., et al. (eds.)]. Cambridge University Press. – С. 423-552.

2. Parry, I., Black, S., & Zhunussova, K. (2021). Carbon Border Adjustment Mechanisms: Prospects and Challenges. IMF Staff Climate Notes, No. 2021/005. International Monetary Fund. – 28 с.
3. IEA (2021). Driving Down Methane Leaks from the Oil and Gas Industry. A Regulatory Roadmap and Toolkit. International Energy Agency, Paris. – С. 45-67.
4. Battiston, S., & Monasterolo, I. (2020). The climate spread of corporate and sovereign bonds. ECB Working Paper Series, No 2481. – С. 12-30.
5. Носко, Б.П., Агафонов, В.А. Цифровая трансформация нефтегазовой отрасли: технологии и управление. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 215 с.
6. Смирнов, А.Д., Петров, К.В. Блокчейн в энергетике: правовые и технологические аспекты // Цифровая экономика. – 2023. – № 1(25). – С. 34-48.
7. Oil and Gas Methane Partnership (OGMP) 2.0 Reporting Framework. United Nations Environment Programme, 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/ogmp-20> (дата обращения: 15.10.2023).
8. Рекомендации по инвентаризации выбросов парниковых газов в организациях топливно-энергетического комплекса. Приказ Минэнерго России № 868 от 15.11.2021. – 89 с.