



Низкоуглеродный и климатически устойчивый путь для химической промышленности и промышленности удобрений Узбекистана

Низкоуглеродный путь для
«Navoiyazot»

ноября 2023 г.

Sustainability is our business

© Copyright 2023 by the ERM International Group Limited and/or its affiliates ("ERM"). All rights reserved. No part of this work may be reproduced or transmitted in any form or by any means, without prior written permission of ERM.



Введение

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Низкоуглеродный путь помогает определить наименее затратные технологии для декарбонизации «Navoiyazot»...

Фаза 2

Задача: Разработка плана действий для «Navoiyazot»

Основной фокус настоящего отчета

1. Корпоративное управление климатом

- Оценка пробелов в подходах к корпоративному управлению, связанному с изменением климата, применяемых коллегами по отрасли на других рынках, и определение мер реагирования
- Рекомендации по отчетности

2. Оценка рисков и возможностей, связанных с изменением климата

- Высокоуровневый анализ рисков и возможностей, связанных с переходным периодом и физическим климатом
- Анализ подходов к корпоративному управлению климатом

3. Низкоуглеродный путь

- Определение модели
- Сбор и проверка данных
- Калибровка модели
- Валидация и чувствительность

4. План действий

5. Поддержка раскрытия информации

Наращивание потенциала (семинары и обучение "на рабочем месте")

... и когда они могут быть реализованы в период с сегодняшнего дня до 2050 года для достижения сокращения выбросов

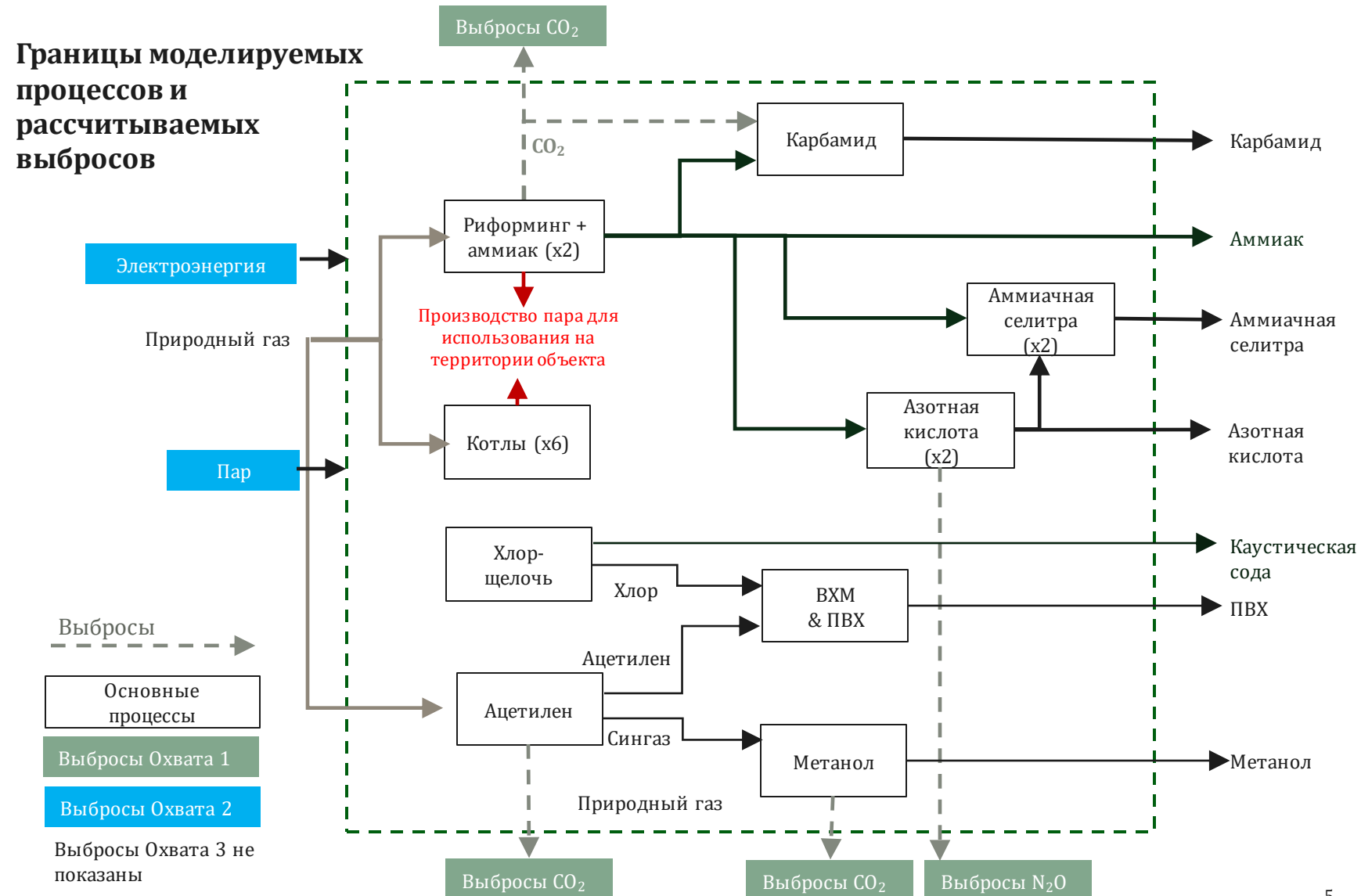
- Моделирование **низкоуглеродного пути ("LCP")**
 - помогает определить конкретные решения по борьбе с климатическими воздействиями
 - указывает на потенциальные источники финансирования для реализации концепции декарбонизации
 - определяет сроки реализации этих мероприятий и направления декарбонизации
- LCP определяет **наименее затратную комбинацию различных мер по снижению выбросов** - технологий, инвестиций, политики, - которая позволяет достичь поставленных целей декарбонизации.
- В предлагаемом LCP будет подробно описан вклад каждой технологии в декарбонизацию в каждый конкретный момент времени.
- Результатом моделирования LCP является траектория, показывающая, какие технологии и инвестиции **потребуются в тот или иной момент времени** для достижения цели по сокращению выбросов «Navoiyazot».

Обзор шагов, предпринятых для разработки LCP



«Navoiyazot» - интегрированный завод по производству удобрений и химикатов на основе природного газа/С1-химикатов

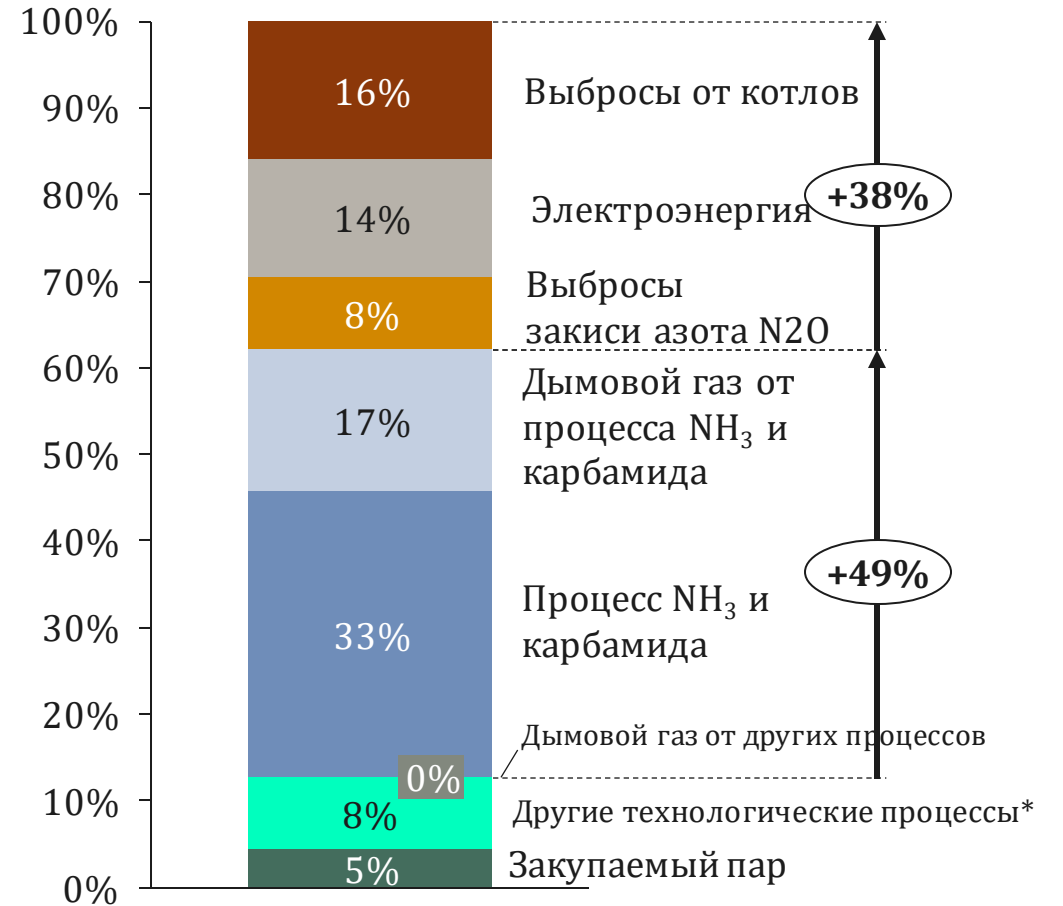
- Конфигурация «Navoiyazot», упрощенный баланс массы и энергии, а также результирующие выбросы Охвата 1 и 2 были разработаны на основе информации, предоставленной компанией UKS.
- Завод использует природный газ в качестве сырья, топлива (например, в риформинге) и для работы шести котлов.
- Наиболее крупными агрегатами (объемы продукции, сырья, энергии и выбросов) являются риформинг, аммиачные и карбамидные агрегаты
- Выбросы парниковых газов Охвата 1 и 2 представлены в основном выбросами CO₂ и некоторого количества N₂O от азотнокислотных.



Установки NH₃ являются источником основных выбросов «Navoiyazot»

- Установки NH₃ и карбамида являются крупнейшими источниками выбросов завода «Navoiyazot».
- Треть выбросов CO₂ в процессе NH₃ приходится на карбамид (становится выбросами Охвата 3) - на диаграмме не показано.
- На электроэнергию, приобретаемую на Навоийской ТЭС, приходится 14% всех выбросов.
- Выбросы от котлов составляют 16% от общего объема выбросов.
- Выбросы N₂O в эквиваленте CO₂ составляют 8% от общего объема выбросов.
- Суммарный вклад установок по производству ацетилена/ВХМ/ПВХ/метанола составляет всего 8% от общего объема выбросов
- Пар поставляемый с Навоийской электростанции составляет около 5% выбросов завода «Navoiyazot».

Выбросы завода в CO₂ - эквивалент «Navoiyazot» в 2022 г.



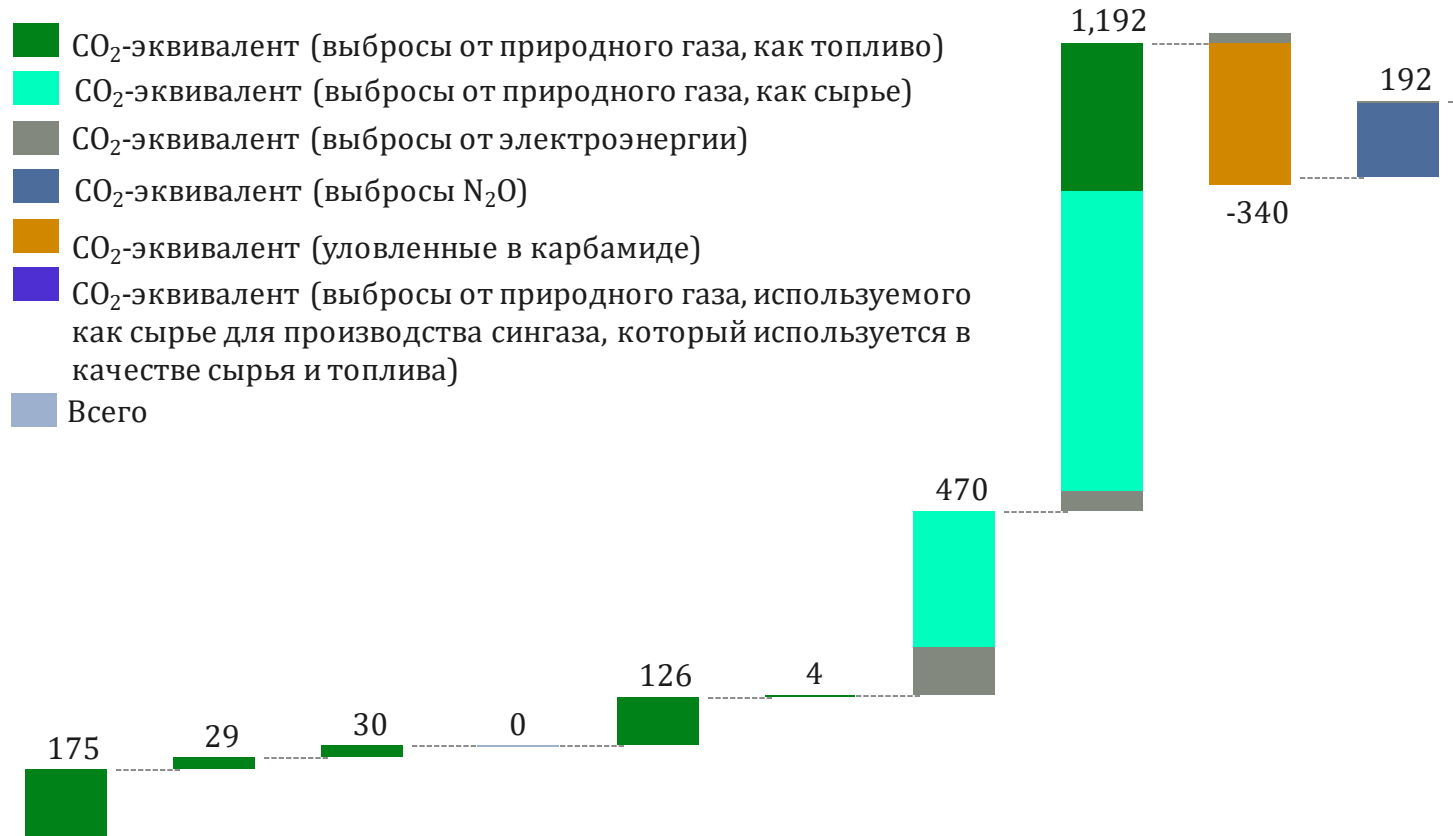
Суммарные выбросы завода «Navoiyazot» в 2022 году: 2 291 тыс. т/год CO₂-эквивалент

* Продукция включает ацетилен, ВХМ, ПВХ и метанол

Природный газ, используемый в качестве сырья в реакторах парового риформинга метана, является крупнейшим источником выбросов

Природный газ, используемый в качестве топлива, также вносит значительный вклад в выбросы

Выбросы «Navoiyazot» в CO₂-эквивалент (килотонны) в 2022 г.



Единица	CO ₂ (кт/год)	%
Все котлы	364	13.7
NH ₃ и карбамид (CO ₂ не улавливается)	1,321	49.8
NH ₃ и карбамид (CO ₂ улавливается в карбамиде)	363	13.7
Азотная кислота	196	7.4
Нитрат аммония	9	0.3
Каустическая сода	63	2.4
Ацетилен/ВХМ/ПВХ/метанол	234	8.8
Закупаемый пар ТЭЦ	103	3.9
Всего CO₂, включая уловленный в карбамиде	2,654	
Итого чистый выброс CO₂	2,291	

Котел 1 Котел 2 Котел 3 Котел 4 Котел 5 Котел 6 NH₃ 1 NH₃ 2 Карбамид Азотная кислота 1 Азотная кислота 2 Амм. селитра 1 Амм. селитра 2 Каустическая сода Ацетилен, ВХМ, ПВХ и метанол Закупаемый пар Всего



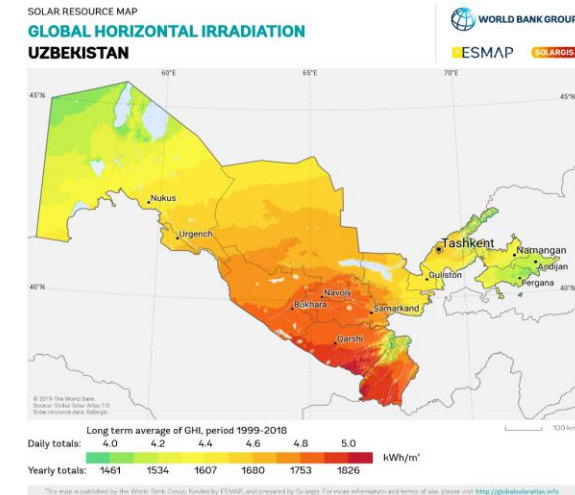
Допущения

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Технологии, проанализированные в Низкоуглеродном пути (LCP), используют ресурсы Узбекистана

Наиболее значимыми энергетическими ресурсами Узбекистана, имеющими отношение к «Navoiyazot», являются солнечная энергия и природный газ.

- Узбекистан извлекает выгоду из **высокого солнечного излучения**, что привело к реализации **крупномасштабных проектов**, например, солнечной электростанции Масдар мощностью 100 МВт, расположенной в Навоийской области.
- Также примечательны его запасы урана и геотермальный потенциал, хотя целесообразность его использования не совсем понятна.
- Страна занимает 11е место в мире по **запасам природного газа**. Если природный газ будет продолжать использоваться в LCP, это необходимо будет сочетать с **поглощением углерода**. Крупные бассейны простираются в Узбекистан из соседних стран, при этом **бассейн Амударьи** находится относительно близко к «Navoiyazot».
 - Бассейны северной части страны лучше изучены, а бассейн Амударьи не исследован.
 - **Потенциальные резервуары** (истощенные месторождения нефти и газа) должны быть **идентифицированы и оценены, чтобы гарантировать, что они подходят для постоянного хранения CO₂**.
 - Необходимы исследования, оценка, инфраструктура и политика, которые могут серьезно задержать внедрение «Улавливание и хранение углерода».



В базовом сценарии LCP (1/2) был оценен ряд технологий снижения выбросов.

В базовый сценарий включен только вариант технологии улавливания и утилизации углерода.

Допущения в отношении технологии снижения выбросов

Технологии	Описание	% снижения CO ₂ экв по сравнению с эталоном	Кап.вложения (CapEx)	Операционные расходы (OpEx)*	Включение сценария	Примечания/источники
Улавливание и утилизация углерода (CCU)	Производство технического газа (CO ₂), используемого в таких отраслях, как здравоохранение, сельское хозяйство, пищевая промышленность.	-78 тыс. тонн в год (Охват 1 - 3)	16 миллионов долларов	н/д	Базовый уровень и ссылка на LCP	Источник: UKS. Срок реализации: 2022 – 2025 гг. Проект планируется реализовать путем создания совместного предприятия с компанией Air Products (США) с долевым участием Air Products – 60% и «Navoiyazot» – 40%.
Улавливание и хранение углерода (CCS)	Технология улавливания CO ₂ , его последующей транспортировки и хранения для смягчения его воздействия.	95 %	\$221/т CO ₂ <i>Никаких капитальных вложений при концентрации >95%</i>	\$10/т CO ₂ +Тариф на транспортировку и хранение: \$75/т.	ссылка на LCP	Возможности хранения вблизи к г. Навоий в южной и западной части страны ¹ .
Электролиз	Электролиз воды для производства безуглеродного водорода из возобновляемых источников.		\$790/кВт	\$24/кВтч	ссылка на LCP	Зависит от наличия возобновляемых источников энергии и дефицита воды. <i>Базовая мощность: 100 MWm</i>
Электрические котлы	Использование возобновляемой электроэнергии для производства пара	100 %	\$102/кВт	\$2/МВтч	ссылка на LCP	Электрические котлы будут использовать возобновляемую электроэнергию для производства пара с низким содержанием углерода. Также используется для замены купленного пара.

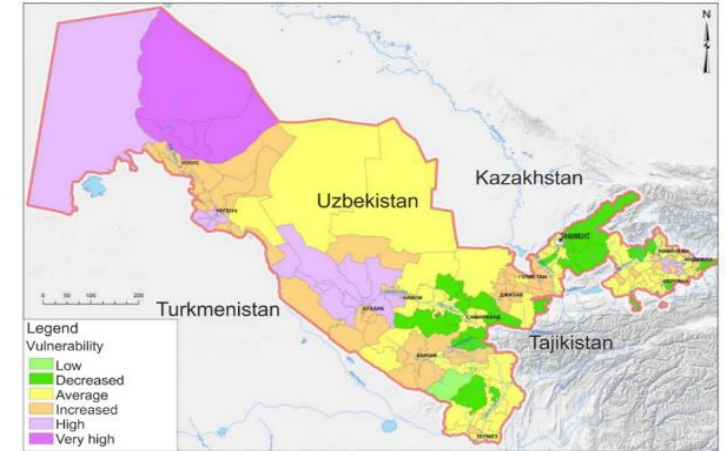
В базовом сценарии LCP (2/2) был оценен ряд технологий снижения выбросов.

Допущения в отношении технологии снижения выбросов

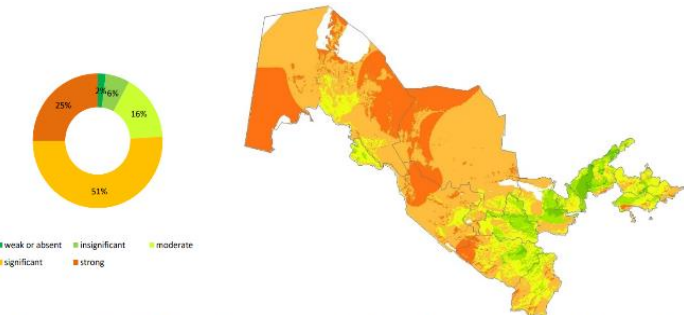
Технологии	Описание	% снижения CO ₂ экв по сравнению с эталоном	Кап.вложения (CapEx)	Операционные расходы (OpEx)*	Включены в сценария	Примечания/источники
Пиролиз метана	Термическое разложение метана на водород и твердый углерод.	50-70 %	\$314/кВт природного газа	\$3,45/МВтч газообразного сырья	ссылка на LCP	Стоимость сильно варьируется в зависимости от используемой конфигурации конструкции. Конструкция с использованием метана с воздушным сжиганием использовалась для расчета затрат, массы и энергии ¹ .
Низкоуглеродное электричество	Использование низкоуглеродных источников электроэнергии, таких как солнечная энергия.	100 %	н/д (предполагается покупная электроэнергия)	Только стоимость электроэнергии (\$27/МВтч в 2023 г.)	ссылка на LCP	Правительство Узбекистана сосредоточивает усилия на увеличении доли возобновляемой электроэнергии в энергобалансе до более чем 25% к 2030 году ² . Это подчеркивает растущую доступность возобновляемой электроэнергии в Узбекистане.
Электрифицированная установка по производству ацетилена и водорода	Эта технология использует электрический плазменный реактор для преобразования природного газа в ацетилен и H ₂ .	75 %	\$222 млн	Соответствует текущему процессу производства ацетилена	ссылка на LCP	Высокая стоимость по сравнению с частичным окислением природного газа и более низкий уровень технологической готовности. Гораздо более высокая эффективность преобразования в ацетилен и более низкое производство синтез-газа.
Электрифицированный паровой риформинг метана	Электрический паровой риформинг метана использует электричество для повышения температуры, а не природный газ	100 %	\$771/кВт природного газа, как сырье	\$3,45 / МВтч природного газа, как сырье	ссылка на LCP	Предполагается, что технология более низкого уровня технологической готовности станет доступной с начала 2030-х годов. Обеспечивает 100% декарбонизацию топлива парового риформинга метана при использовании возобновляемой электроэнергии.
N ₂ O	Технология SCR (Селективная Каталитическая Нейтрализация для уничтожения N ₂ O	90%	\$1,80/тCO ₂ экв, затраты в течение всего срока службы		ссылка на LCP	Предполагалось финансирование со стороны GlZ, что позволило снизить затраты завода на 50%.

Узбекистан испытывает водный дефицит, и некоторые технологии снижения выбросов могут усугубить ситуацию

- В настоящее время сельское хозяйство является основным потребителем воды в Узбекистане (более 90% потребления), и ожидается, что спрос на воду будет продолжать расти.
- Водные ресурсы в Узбекистане **скудны**, а некоторые регионы страны подвержены опустыниванию и **засухе**.
- Предполагается, что доступность воды в стране еще больше снизится в последующие годы.
- Некоторые варианты сокращения выбросов (например, электролиз для получения зеленого водорода) требуют значительного количества воды, что может способствовать водному дефициту в стране.
- Хотя **электролиз и выгоден для сокращения выбросов CO_{2 экв}**, он может быть значительно более **водоемким** по сравнению с паровым риформингом метана на кг произведенного H₂.



Уязвимость сельского хозяйства и водных ресурсов к изменению климата



Карта подверженности территории опустыниванию и засухе.

Технологии	Расход воды (кг _{H2O} / кг _{H2})	
	Только SMR	+ Улавливание углерода
Паровой риформинг метана (SMR)	6	+ 0,1 - 14,5*
Электролиз	15 - 20	

* Потребление воды при технологии Улавливания углерода сильно зависит от технологии охлаждения. Ожидается, что технология охлаждения с замкнутым циклом с использованием градирни будет находиться в верхней части диапазона.

Некоторые технологические варианты были исключены из-за ограничений

Стебли хлопка для биоэнергетики были исключены, тогда как стебли хлопка для производства биопродуктов должны рассматриваться «Navoiyazot».

- Узбекистан является одним из **крупнейших производителей хлопка** в мире. Для 65 процентов сельского населения страны основным источником энергии из биомассы являются стебли хлопчатника, производство которых составляет 2–3 миллиона тонн в год. Стебли хлопка в основном используются для приготовления пищи и обогрева помещений. Также наблюдается **тенденция** использования стеблей хлопчатника в сторону измельчения и **мульчирования** в почву.
- Если «Navoiyazot» будет использовать стебли хлопка для производства биоэнергии в промышленных масштабах, это может привести к их нехватке для использования в жилых помещениях и мульчирования, что приведет к негативным социальным и экологическим последствиям. Кроме того, при мульчировании и местном использовании стеблей хлопка выделяется меньше углерода, чем при транспортировке и промышленном использовании биоэнергии. По этим причинам **стебли хлопка для биоэнергетики** были исключены.
- Технически возможно использовать **стебли хлопка для производства продуктов на биологической основе**, таких как древесно-стружечные плиты, в сочетании со смолами (например, карбамидоформальдегидными смолами, изготовленными из мочевины и метанола). Применение продуктов биологического происхождения более привлекательно, поскольку углерод «запирается» в продуктах на более длительный период (например, в зданиях), а затем при утилизации может быть использован для производства биоэнергии (т.е. концепция каскадного использования биомассы). Это не входит в охват LCP, но может быть рассмотрено UKS.



Некоторые технологические варианты были исключены из-за ограничений

Ограниченное наличие сырья для биогаза вблизи «Navoiyazot»

- Сырье для биогаза должно располагаться в пределах ограниченного радиуса (около 30 км) от установки анаэробного сбраживания, чтобы поддерживать жизнеспособную экономическую модель. Сырьем для биогаза являются навоз, влажные сельскохозяйственные остатки и органическая фракция твердых бытовых отходов. Наличие подходящего сырья в г. Навои считается ограниченным, но для оценки этого необходимо провести дальнейшие местные исследования биомассы.
- В Навоийской области засушливый климат и обширные пустыни (на фото справа). Южная часть используется для интенсивного ирригационного земледелия с использованием ограниченных водных ресурсов нижнего течения реки Зарафшан и через Аму-Бухарский канал среднего течения Амударьи.

Потенциальные радиусы сбора биомассы в районе «Navoiyazot»

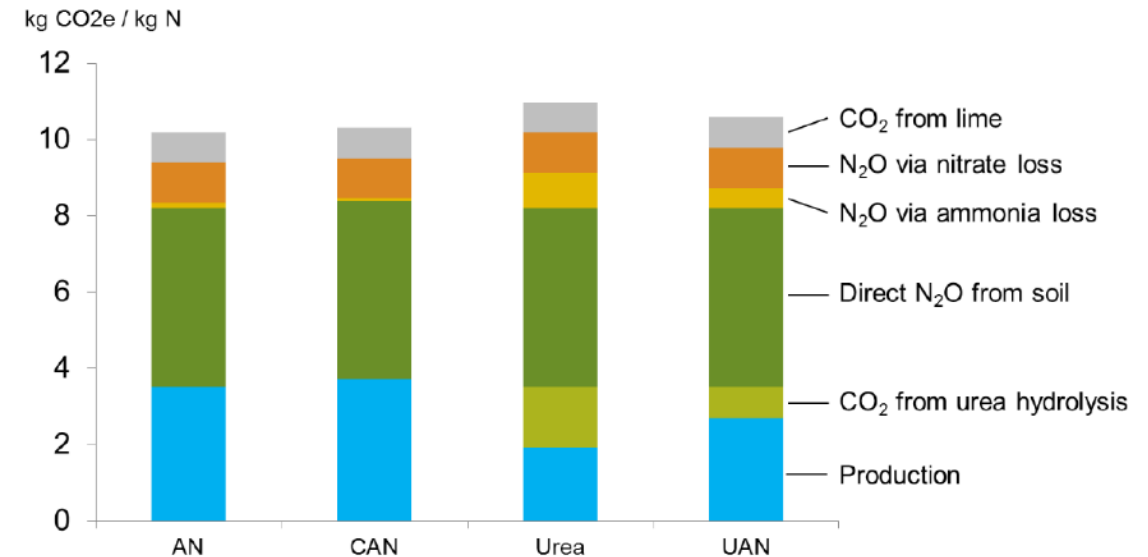


Производство большего количества удобрений на основе карбамида снижает производственные выбросы, но увеличивает выбросы при их последующем использовании...

...усложняет декарбонизацию, поскольку производственные выбросы имеют больше возможностей для декарбонизации

- Одним из вариантов снижения выбросов, связанных с производством, было бы производство большего количества карбамида из улавливаемого CO_2 и аммиака, но это не приведет к сокращению выбросов в течение жизненного цикла.
- Карбамид имеет более низкие выбросы при производстве, чем некоторые другие удобрения, включая нитрат аммония (AN), но CO_2 , улавливаемый этим продуктом во время производства, высвобождается при внесении карбамида (CO_2 от гидролиза карбамида).
- Кроме того, в процессе нитрификации карбамид выделяет больше N_2O по сравнению с нитратом аммония (AN). Напротив, в AN используется азотная кислота, и это может привести к высоким выбросам N_2O во время производства, как обсуждалось ранее.
- Кроме того в политике ЕС по схеме торговли квотами на выбросы (ETS) существует опыт по удобрениям на основе аммиака, где компания, производящая CO_2 несет ответственность. Производитель аммиака должен учитывать CO_2 , когда он используется для производства карбамида.

Углеродный след производства и использования азотных удобрений на основе коэффициентов выбросов по умолчанию



Выбор технологии снижения выбросов

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Используется модель дисконтированных денежных потоков, в которой рассматриваются 7 технологий снижения выбросов

- **Балансы массы и энергии и выбросов** «Navoiyazot» для получения базового сценария выбросов "как обычно" до 2050 года, отражающего развитие отрасли при существующей политике.
- В модели учитывается природный газ, используемый в качестве топлива и сырья, а также электроэнергия, приобретаемая из сети.
- Модель позволяет рассчитать экономию выбросов и разработать профили затрат для технологий снижения выбросов.
- Модель **сравнивает чистую приведенную стоимость (NPV) технологий снижения выбросов** до 2050 г., используя ставку дисконтирования 10%, чтобы получить **наименее затратное сочетание технологий снижения выбросов** для достижения целевого показателя сокращения выбросов. Метод средневзвешенной стоимости капитала (WACC) для UKS основана на соотношении заемных и собственных средств 70:30, 17,5% для собственного капитала, «эталонная» процентная ставка (SOFR)+3% для заемных средств с SOFR на уровне 5,3% и ставке корпоративного налога в 15%.
- **Цель снижения выбросов** - 25% к 2030 году и 96% к 2050 году. Это соответствует сокращению прямых выбросов, необходимому для выполнения сценария **IEA Ammonia Technology Roadmap Net Zero Emissions до 2050 года**.

Моделирование различных сценариев Низкоуглеродного пути

- «Базовый сценарий» включает только запланированный проект „Улавливание и утилизация углерода“, но не включает другие технологии снижения выбросов.
- «Сценарий Низкоуглеродного Пути» моделирует потенциал сокращения выбросов при нескольких вариантах снижения выбросов.

Сценарий	Описание
Базовый сценарий	Базовый уровень состоит из текущих технологий, действующих до 2050 года, без каких-либо вариантов снижения выбросов углерода, за исключением проекта улавливания и использования углерода, по которому уже принято инвестиционное решение. Никакие корректировки мощностей или новые линейки продуктов не рассматриваются в базовом сценарии, ассортимент продукции и объем остаются такими же, как и в 2022 году. Базовый сценарий представляет собой «противоположный» сценарию Низкоуглеродного пути с входными затратами, как показано на следующем слайде.
Сценарий Низкоуглеродного пути	Сценарий Низкоуглеродного пути состоит из технологий снижения выбросов, которые считаются наименее затратными вариантами декарбонизации выбросов, содержащихся в базовом сценарии до 2050 года. Влияние водного стресса на доступность технологий не учитывается. Предполагаемые затраты указаны на следующем слайде.

- «более низкая чувствительность к затратам» в таблице ниже смоделирован со значительно более низкими ценами на возобновляемые источники энергии и зеленый H₂.
- Ценовые данные основаны на крупных запланированных проектах ВИЭ в Узбекистане.

Чувствительность		Описание
Более низкая чувствительность к затратам	Цена на возобновляемую электроэнергию	Могут быть доступны более низкие цены на возобновляемую электроэнергию, чем цена, указанная в справке LCP. Солнечная электростанция «Навои» поставляет электроэнергию по цене 27 долларов США за МВтч в течение 25 лет ⁴ . На пуске в Узбекистане в Шерабадском районе Сурхандарьинской области было выделено 18 долларов США/МВтч с запланированным запуском в 2024 году. Предполагается, что цена на возобновляемую электроэнергию начнется с 27 долларов США/МВтч в 2023 году и снизится до 18 долларов США/МВтч к 2030 году.
	Цена H ₂	Более низкая цена H ₂ рассчитывается с использованием более низкой цены на возобновляемую электроэнергию, указанной выше в рамках модели ценообразования H ₂ . Цена начинается с 87 долларов США/МВтч в 2023 году и снижается до 51 долларов США/МВтч к 2050 году.

В Узбекистане есть дешевый природный газ и солнечная энергия

В базовом /эталонном варианте LCP предполагается постоянная цена на природный газ

Стоимость и ценовые входные данные

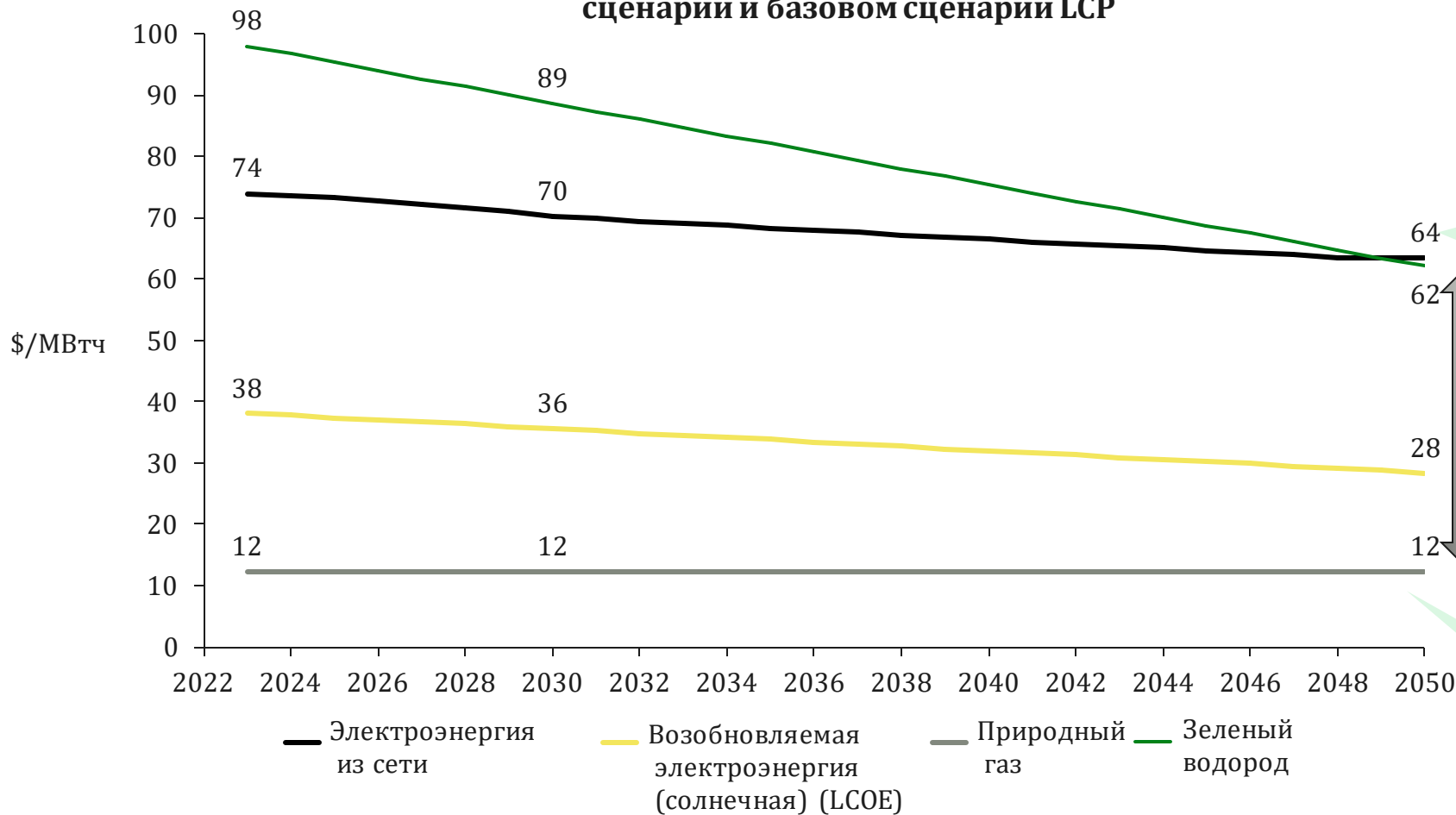
Вход	Единица	Базовый уровень/LCP		Примечания/источники
		2023 год	2050 год	
Природный газ	Доллар США/ММВtu	3.6	3.6	Из расчета 1 500 000 сумов за 1000 м ³ . * Мы предположили, что цена на газ останется неизменной до 2050 года в базовом сценарии и LCP из-за опубликованной ограниченной информации о потенциальных изменениях цены и/или либерализации рынка.
Электроэнергия из сети	Доллар США/МВтч	74	64	Из расчета 900 сумов за кВтч. * Сетевая смесь включает 87,8% природного газа, 7,5% гидроэнергии, 4% угля и 0,7% нефти. Ожидается, что доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе Узбекистана достигнет 20% к 2025 году и 25% к 2030 году. ³
Электроэнергия Навоийской электростанции	Доллар США/МВтч	74	74	Из расчета 900 сумов за кВтч*. Постоянная до 2050 года, поскольку цена на природный газ останется неизменной. Вся электроэнергия, потребляемая на «Navoiyazot», поступает от местной ТЭЦ.
Возобновляемая электроэнергия (солнечная)	Доллар США/МВтч	38	28	ЕБРР предоставил прогнозы по выровненной стоимости электроэнергии (LCOE), включая плату за передачу, на 2030 и 2040 годы. Прогнозы цен на возобновляемую энергию были получены путем линейной экстраполяции.
Зеленый водород	Доллар США/МВтч	98	62	Прогнозы по выровненной стоимости водорода (LCOH) были предоставлены ЕБРР на 2030 и 2040 годы. Прогнозы цен на зеленый водород были получены путем линейной экстраполяции.
Закупаемый пар (Навоийская электростанция)	Доллар США/МВтч	31	31	Цена пара рассчитывается с использованием внутренней модели ERM. Неизменна до 2050 года, поскольку цена на природный газ останется постоянной.

* Конвертировано по курсу 1 сум в 0,0000819 USD¹.

** Пересчет м³ природного газа в ММВtu с использованием 0,3 ММВtu/1000 м³.²

Цены на возобновляемую электроэнергию и экологически чистый H₂ снизятся к 2050 году.

Допущения о ценах на энергоносители, использованные в базовом сценарии и базовом сценарии LCP

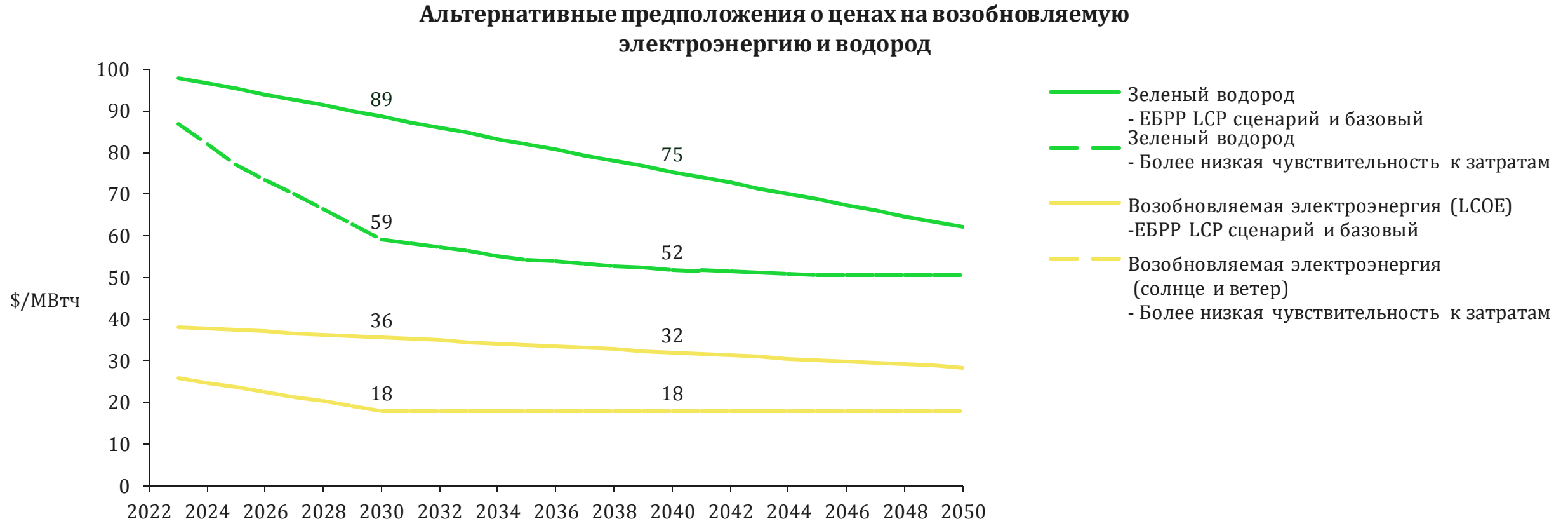


Ожидается, что с увеличением проникновения возобновляемых источников энергии в энергосистему и снижением цен на возобновляемые источники энергии общая стоимость энергосистемы снизится.¹

Цена зеленого H₂ (~2\$/кг в 2050 году) остается значительно выше, чем цена природного газа. Разрыв между природным газом и возобновляемой электроэнергией намного меньше.

Низкая цена на природный газ затрудняет конкурентоспособность возобновляемых источников энергии.

Альтернативные источники предполагают более низкие затраты на возобновляемую электроэнергию и водород



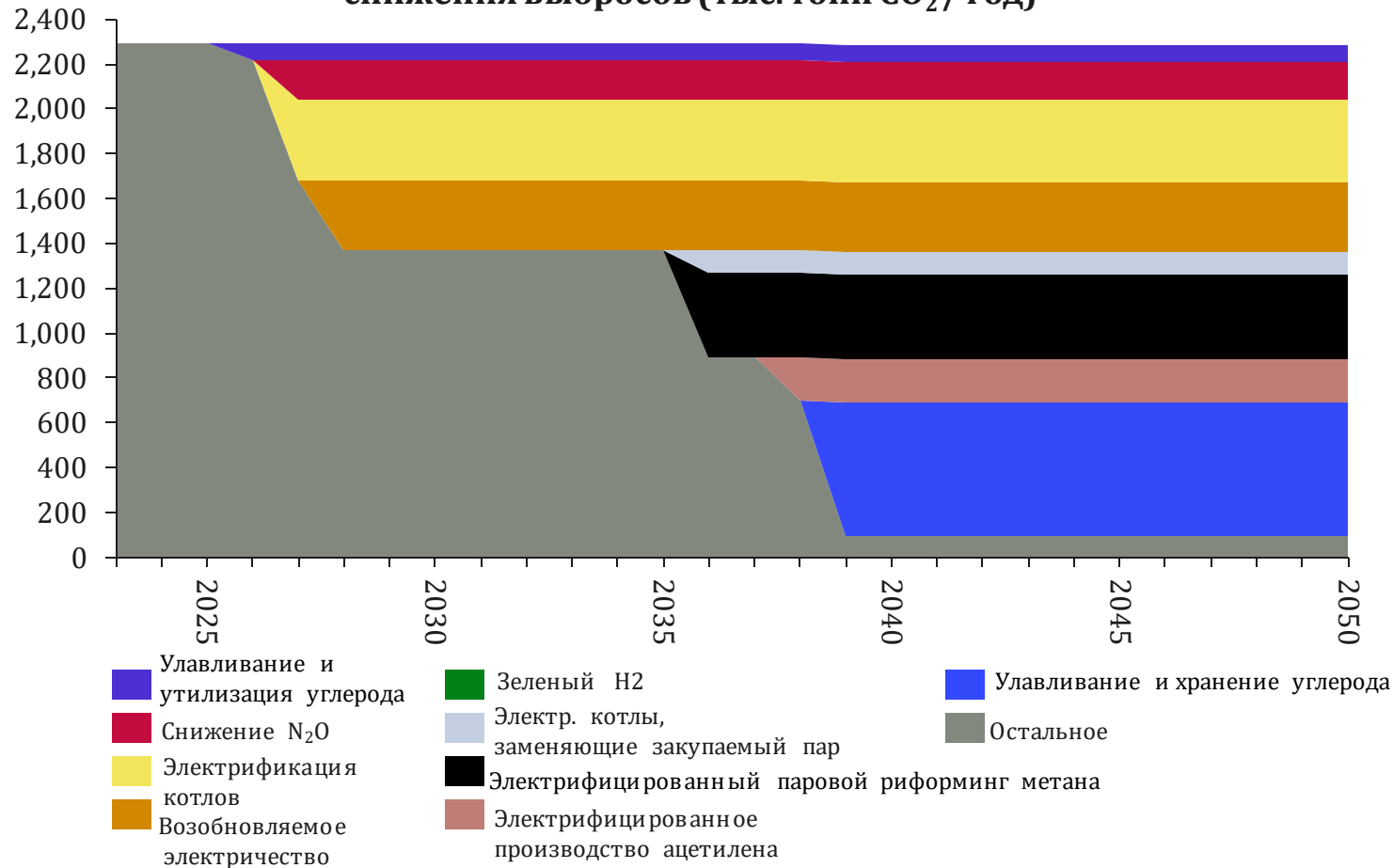
- Более высокие затраты предусмотрены ЕБРР в Узбекистане. Однако крупные запланированные проекты могут обеспечить более дешевую возобновляемую энергию.¹
- Удешевление возобновляемой энергии приведет к снижению цены на зеленый H₂.
- Цены с более низкой чувствительностью к затратам могут не отражать LCOE, включающую плату за передачу.

Результаты: эталонный сценарий LCP

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

LCP включает несколько технологий со значительным внедрением возобновляемой электроэнергии, а также улавливания и хранения углерода (CCS).

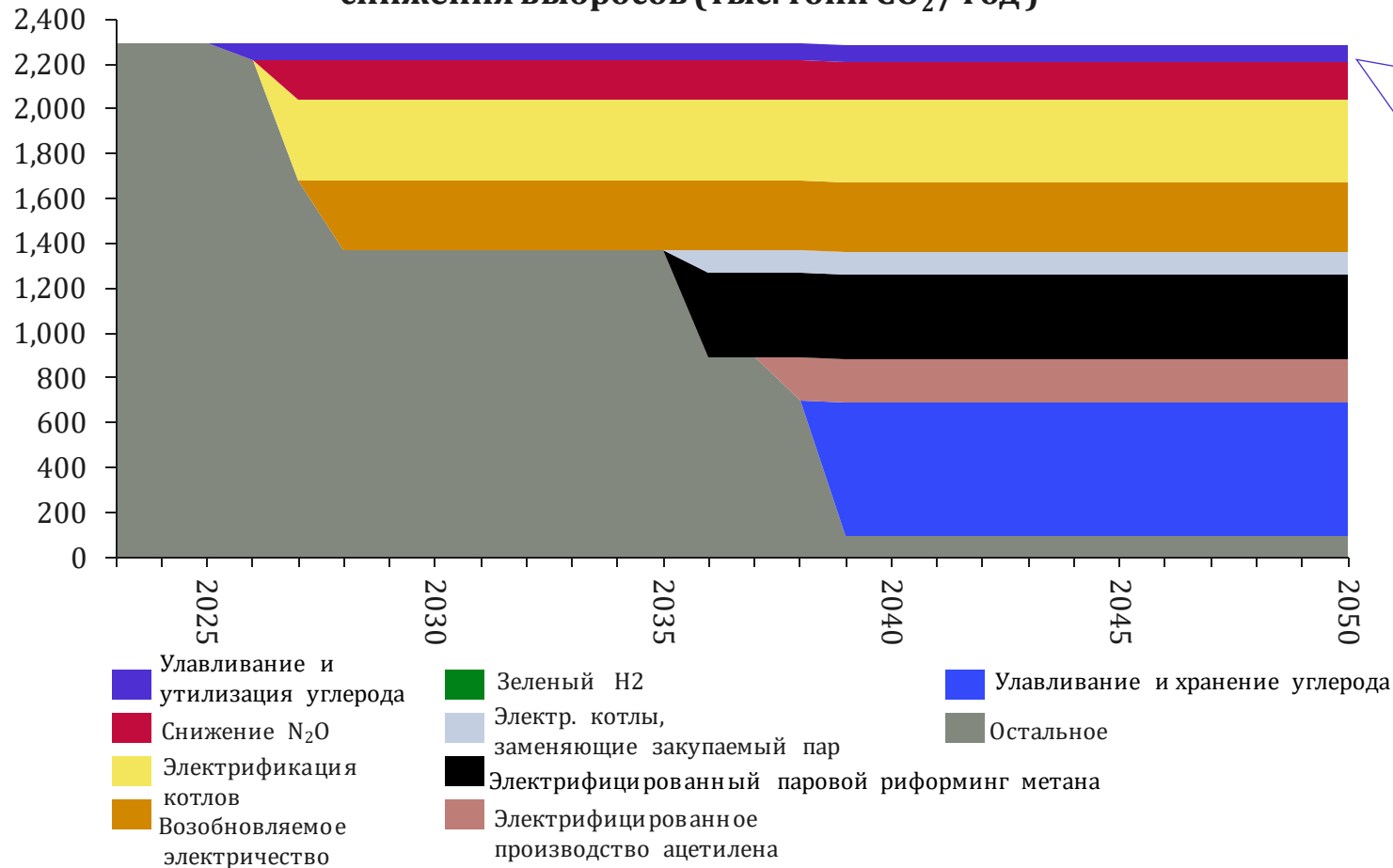
Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/год)



- Низкоуглеродный путь позволит сократить **примерно 96%** выбросов Navoiyazot к **2050** году относительно 2022.
- Этот сценарий предполагает **сокращение выбросов N₂O** и электрификацию котлов и должен быть применен в скором времени.
- Этот сценарий во многом зависит от **возобновляемой электроэнергии** и **улавливания и хранения углерода** для достижения декарбонизации:
 - Возобновляемая электроэнергия для производства тепла и электроэнергии: 5,6 ТВтч / год.
 - Эквивалентно 9% производства электроэнергии в Узбекистане в 2019 году;
 - UKS ранее сообщала, что 0,4 ТВтч/год (7% прогнозируемой потребности) могут быть покрыты за счет солнечной энергии на месте;
 - В Навоийской области запланировано 2,1 ТВтч/год возобновляемой энергии (37,5% от прогнозной потребности).
 - Требуется инфраструктура транспортировки и хранения для 600 тыс. тонн CO₂ в год.
- Потребуется значительное **развитие инфраструктуры**, связанное с возобновляемыми источниками энергии и **улавливанием и хранением углерода**.

Запланированные проекты по техническому газу (CCU) позволяют сократить выбросы электростанций на 3%.

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

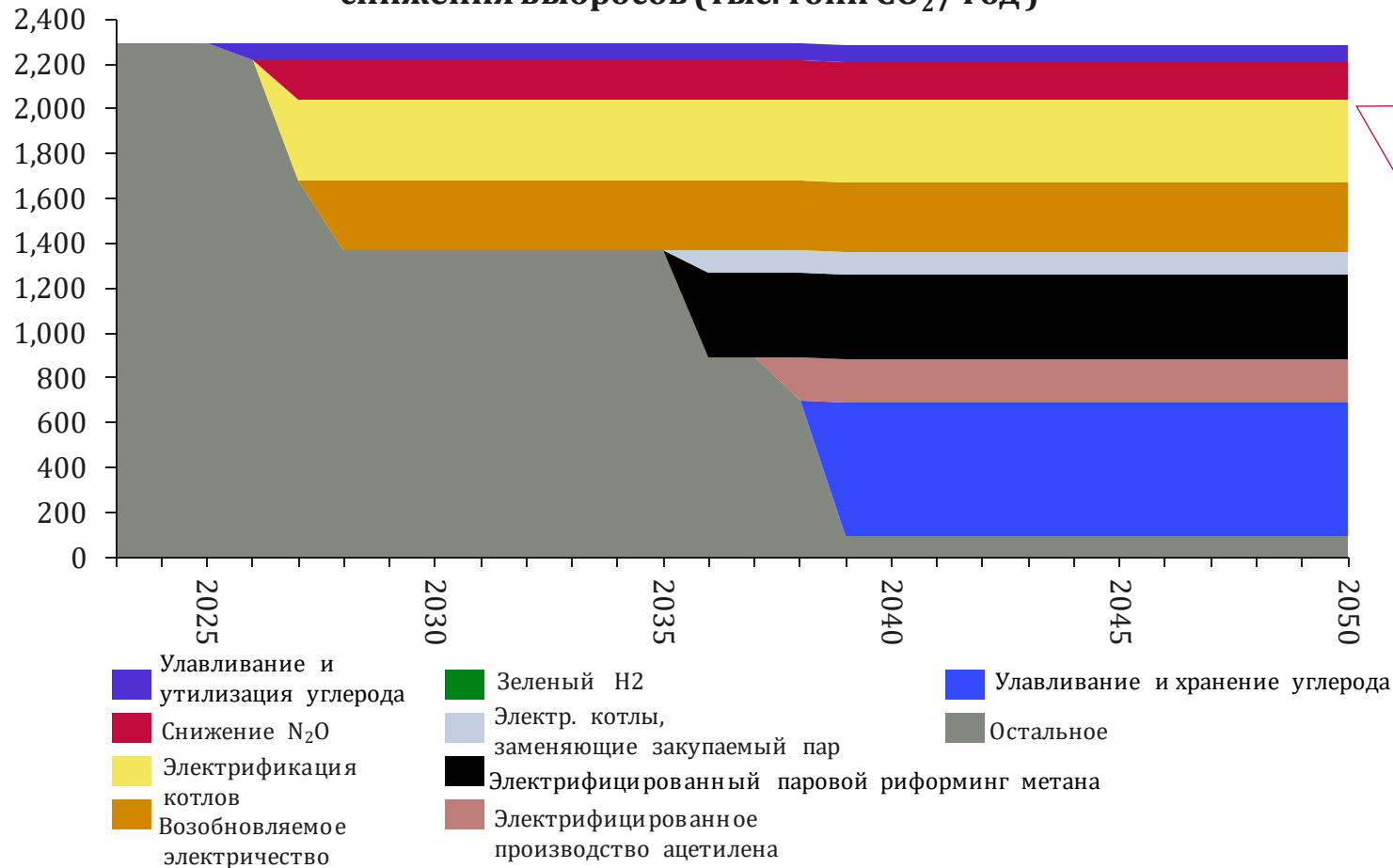


Улавливание и утилизация углерода (CCU)

- Этот проект позволяет сократить выбросы Охвата 1: 78 тыс. тонн выбросов CO₂ в год будут взяты из новой линии NH₃.
- CO₂ используется в таких отраслях, как здравоохранение, сельское хозяйство и пищевая промышленность.
- Старт проекта запланирован на 2026 год.
- Являясь частью базового сценария, он не связан с какими-либо затратами.

Технология снижения N₂O может легко снизить до 8% общих выбросов в эквиваленте CO₂ на «Navoiyazot»

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

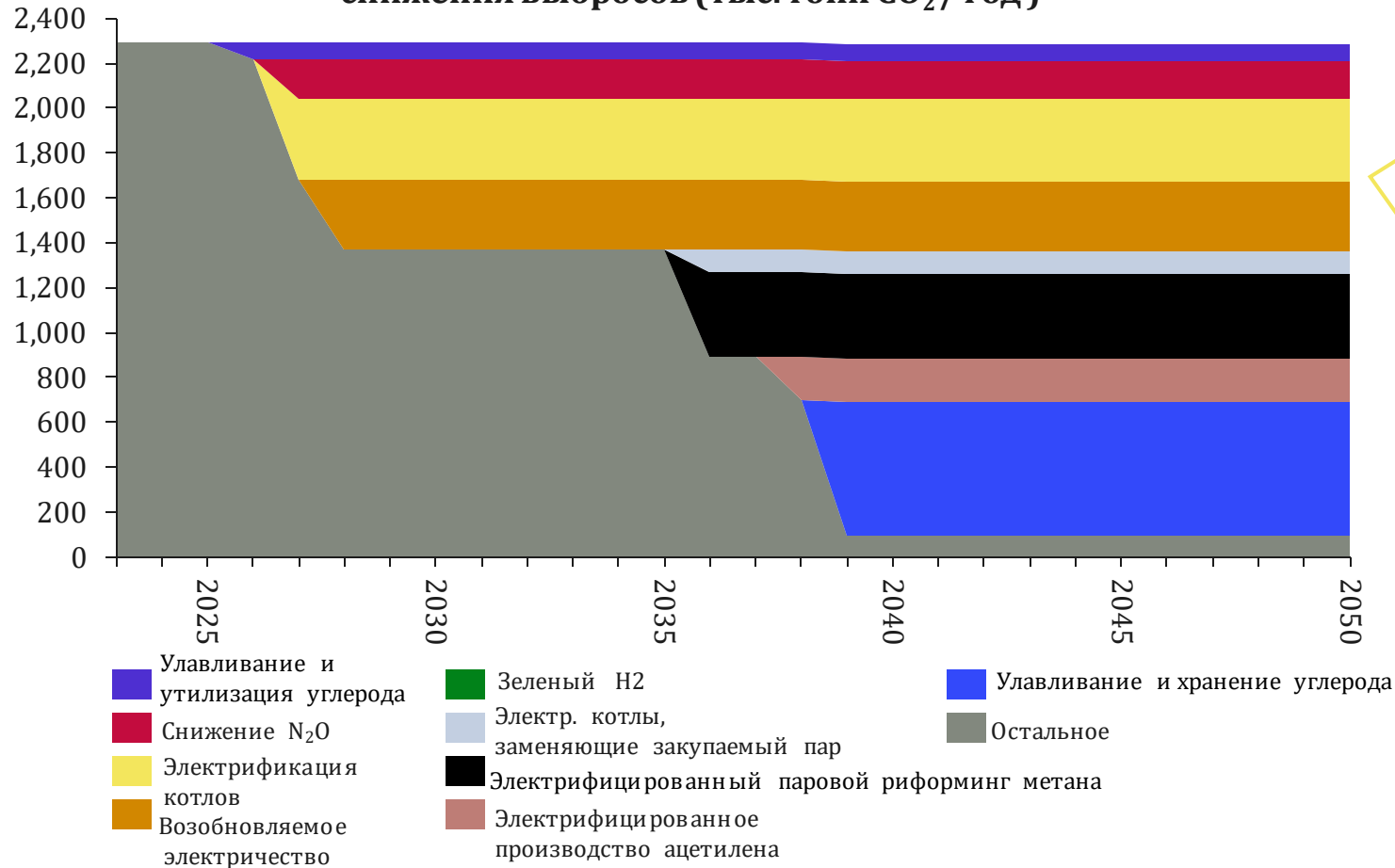


N₂O

- Технологии снижения N₂O являются технологически и коммерчески зрелыми.
- Только одна из двух линий по производству азотной кислоты в настоящее время использует технологию уничтожения/сокращения выбросов N₂O.
- Современная технология селективного каталитического восстановления (SCR) на второй линии азотной кислоты рассчитана на удаление 90% выбросов N₂O.
- SCR легко доступен, и при расчете затрат предполагалось финансирование со стороны GIZ для снижения затрат завода на 50%.

Электрификация котлов может снизить значительное количество выбросов CO₂ за счет замены природного газа возобновляемой электроэнергией

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

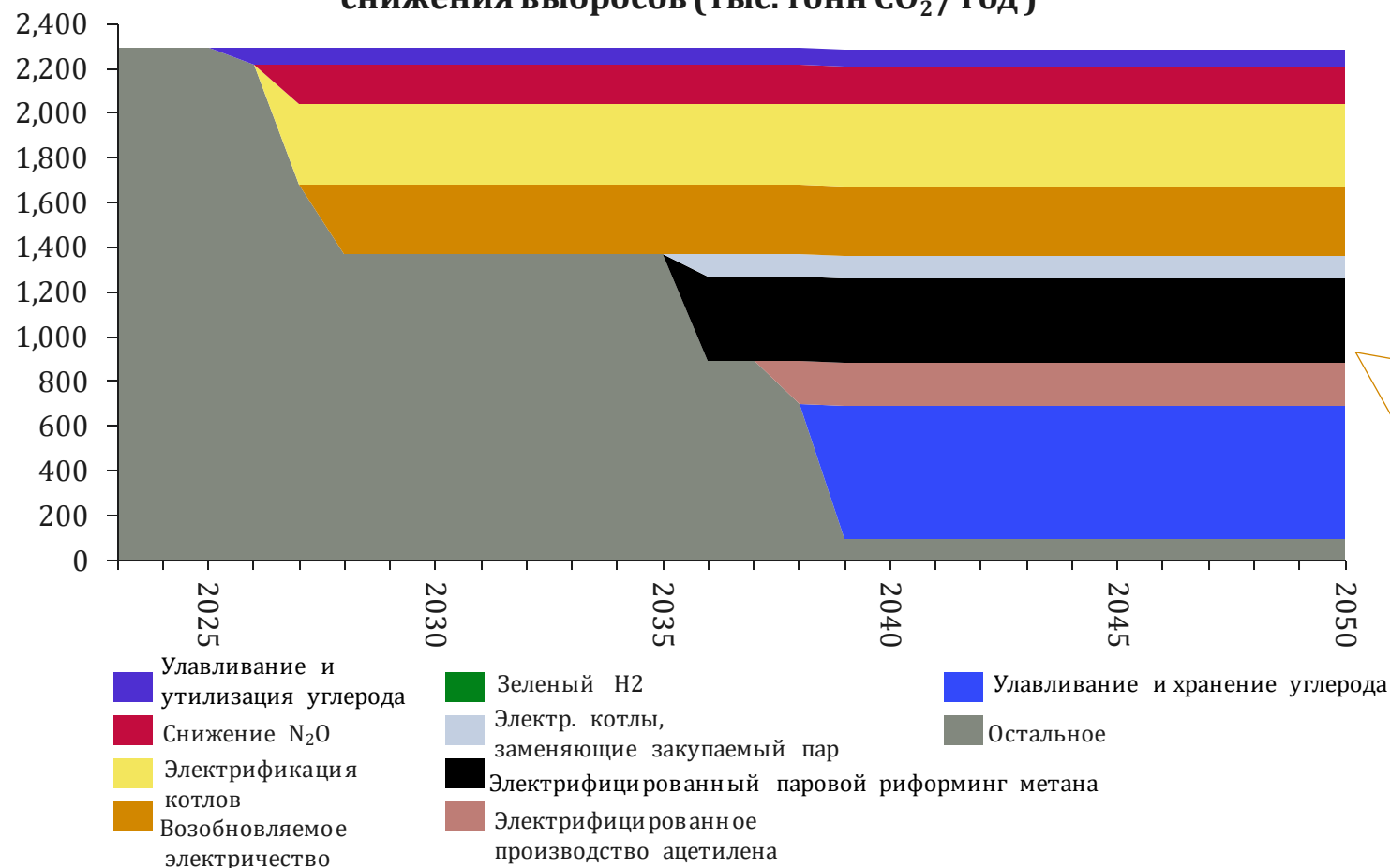


Электрификация котлов

- Котлы на природном газе, замененные коммерчески зрелыми электрическими котлами, используют возобновляемую электроэнергию для производства пара.
- Это может быть недорогой способ сокращения выбросов природного газа, не требующий значительной модернизации тепловых систем электростанций.
- Этот вариант требует значительной модернизации сети и реализации нескольких проектов возобновляемой энергетики.

Возобновляемая электроэнергия может сократить выбросы на 14%, но потребует быстрых действий для увеличения пропускной способности сети

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

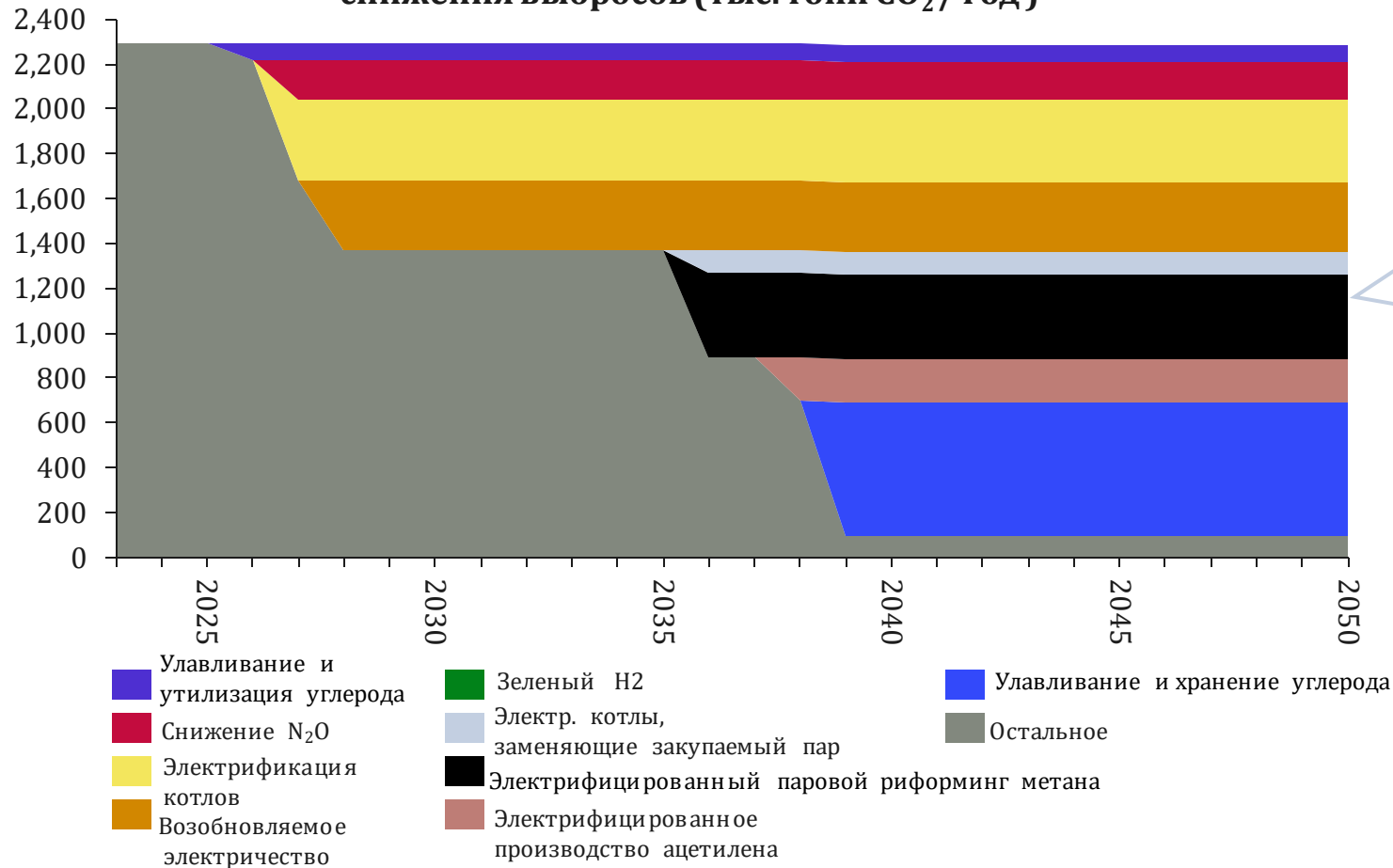


Возобновляемая электроэнергия

- Узбекистан имеет большой потенциал для получения недорогой возобновляемой электроэнергии с помощью солнечной и ветровой энергии.
- Предполагается, что возобновляемая электроэнергия будет закупаться по контрактам и/или специальным проектам, принадлежащим UKS, для замены потребления ископаемой электроэнергии на электростанции.

Выбросы от текущего покупного пара можно сократить за счет увеличения производства пара на месте с помощью электрических котлов

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

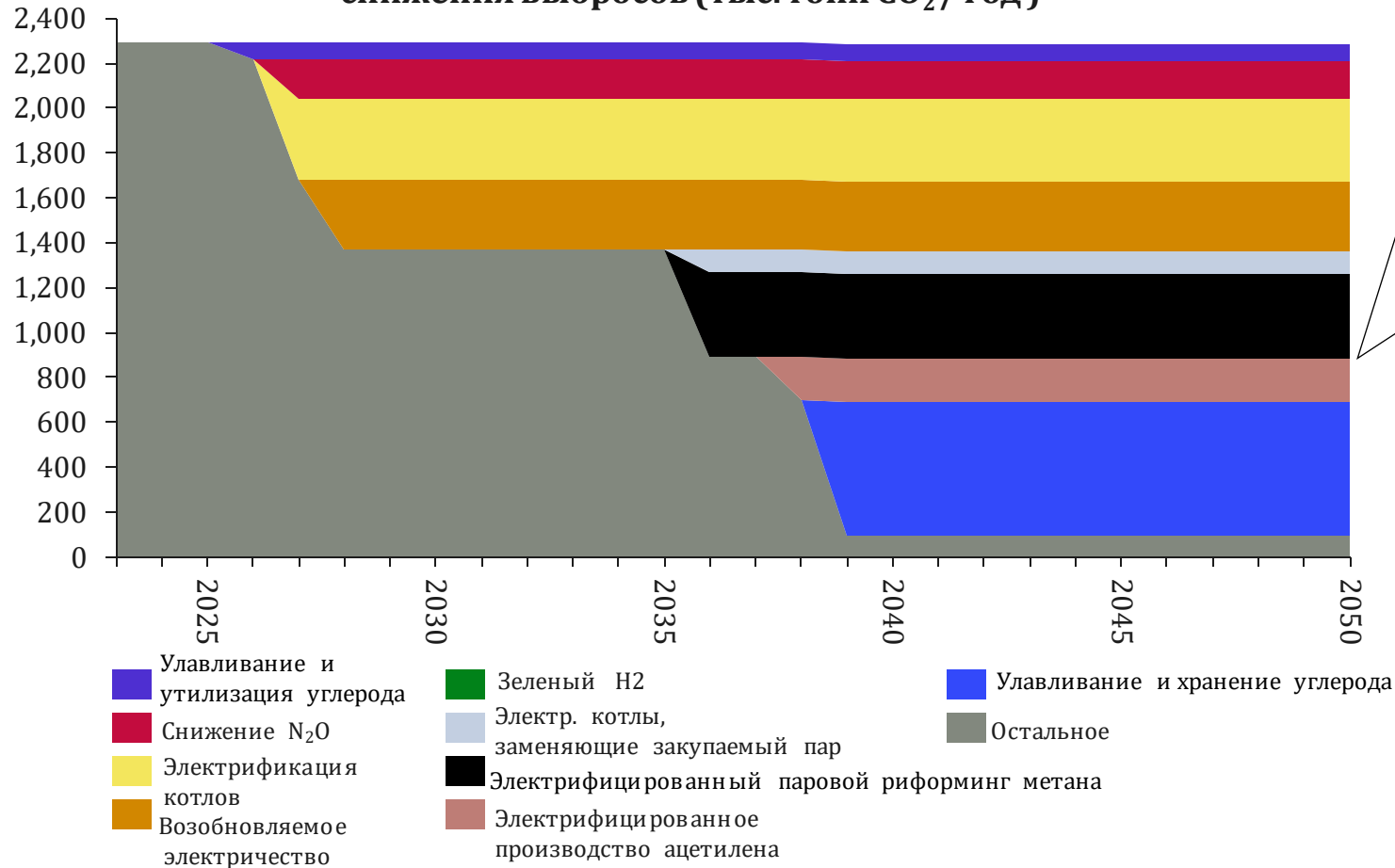


Декарбонизация покупаемого пара с помощью электродкотлов

- Увеличение производства пара на электродкотлах для замены пара, покупаемого с местной электростанции.
- Предполагается, что он будет введен в эксплуатацию с 2035 года, чтобы обеспечить достаточную мощность электродкотла.
- Электрические котлы — технологически и коммерчески зрелый вариант.

Выбросы от SMR можно сократить с помощью электрического SMR, который, как ожидается, станет коммерчески доступным в конце 2030-х годов

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/год)

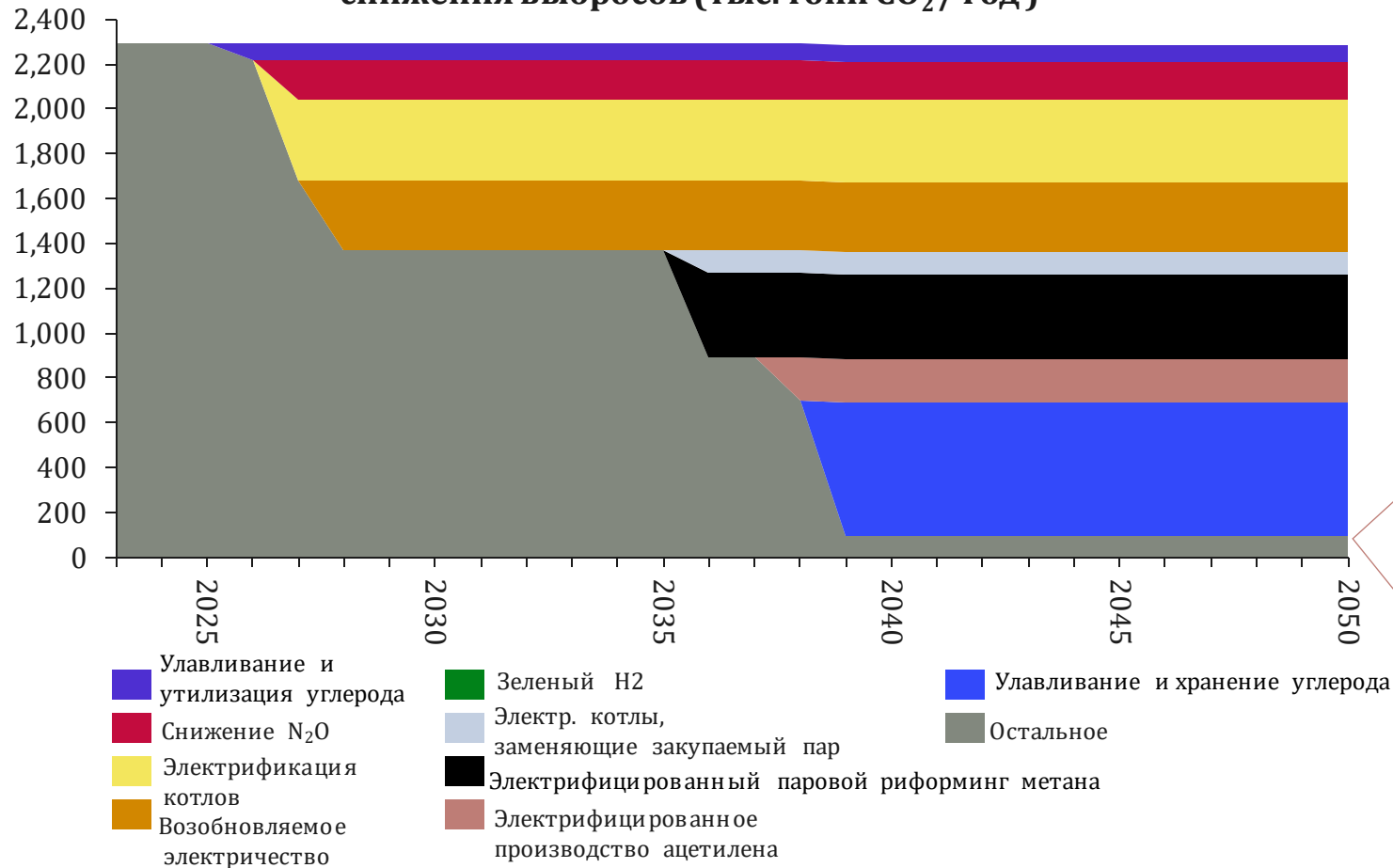


Электрификация парового риформинга метана (SMR)

- Электрификация SMR использует возобновляемую электроэнергию для нагрева реактора SMR.
- Электрифицированные технологии SMR пока коммерчески недоступны, хотя демонстрационные установки уже запущены в эксплуатацию.
- Предполагается, что электрифицированные ММР станут коммерчески зрелыми в конце 2030-х годов.
- Предполагаемые затраты на электрификацию SMR делают его более дешевым вариантом снижения затрат, чем CCS для дымовых газов.

Новая электрическая технология производства ацетилена и H_2 может декарбонизировать нынешние избыточные выбросы синтез-газа

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO_2 / год)



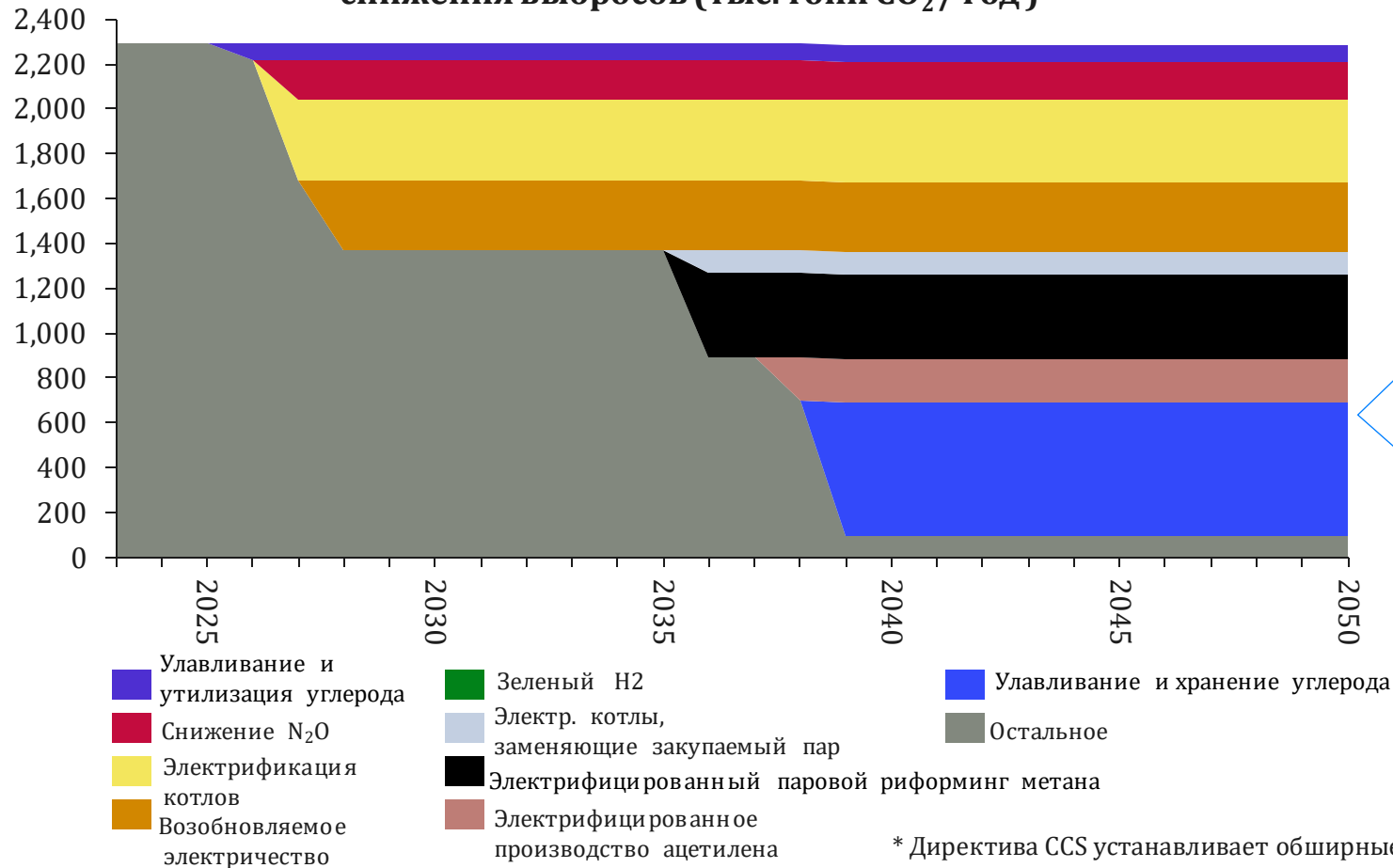
Электрифицированное производство ацетилена

- Технология электрификации ацетилена, такая как технология, разработанная Transform Materials ¹, может вытеснить выбросы природного газа.
- Электрический плазменный реактор для преобразования природного газа в ацетилен и H_2 . Это новый и относительно дорогой вариант, основанный на сегодняшних оценках затрат.
- Современный процесс производства ацетилена производит пар из избытка синтез-газа. В этом варианте этот пар покрывается электрическими котлами, использующими возобновляемую электроэнергию.
- Ожидается, что монооксид углерода, используемый для производства метанола, будет заменен синтез-газом SMR.

[1] Transform Materials. www.transformmaterials.com

CCS может снизить значительные выбросы, связанные с NH₃, но ожидается, что он будет введен в эксплуатацию не раньше 2038 года из-за требований инфраструктуры.

Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/ год)

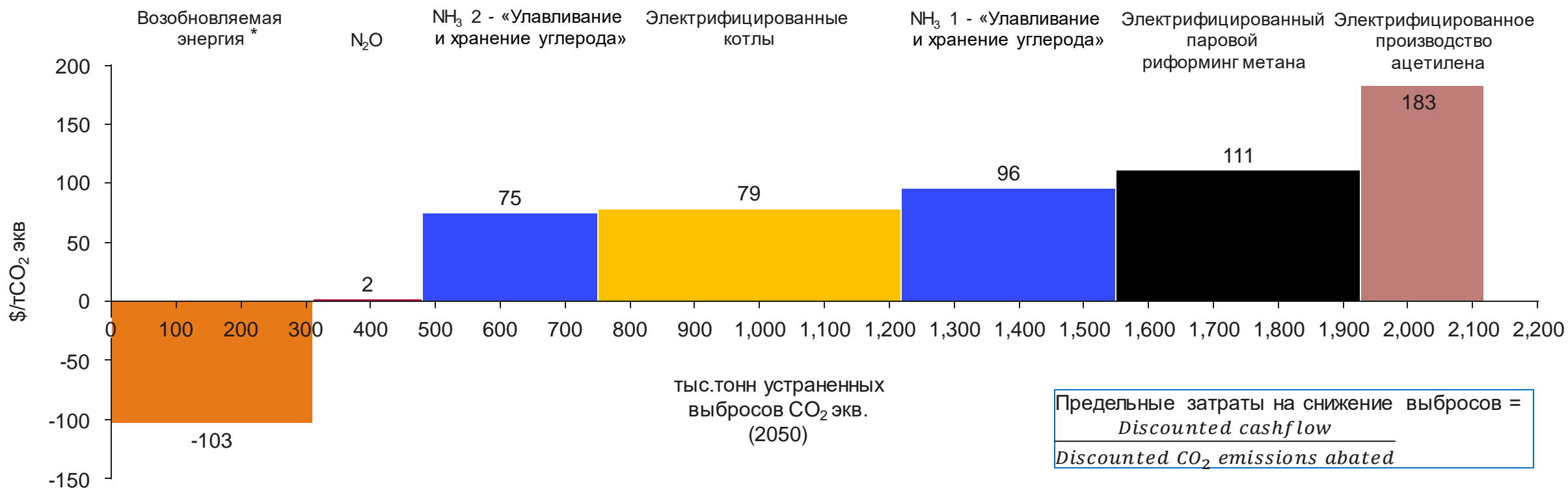


Улавливание и хранение углерода (CCS)

- CCS применяется на двух линиях аммиака, снижая выбросы CO₂ из исходного природного газа.
- Улавливание выбросов CO₂ в высокой концентрации в процессе SMR (уже улавливается в новой линии NH₃), их транспортировка и хранение являются относительно недорогими.
- CCS на старой линии по производству аммиака остается самым дешевым вариантом, несмотря на необходимость дополнительного оборудования для улавливания (из-за более низкой концентрации CO₂).
- Требуются значительные инвестиции и координация по всей цепочке создания стоимости CCS. Таким образом, этот вариант рассматривается только после 2038 года.
- Для всей цепочки создания стоимости CCS может потребоваться серьезное законодательство, аналогичное директиве ЕС CCS*.

* Директива CCS устанавливает обширные требования к выбору мест для хранения CO₂. Место может быть выбрано только в том случае, если предварительный анализ покажет, что при предлагаемых условиях использования нет значительного риска утечки или ущерба здоровью человека или окружающей среде. ¹

Пределные затраты на Низкоуглеродный путь (LCP) - относительная стоимость каждой технологии и привлекательность перехода на возобновляемую электроэнергию



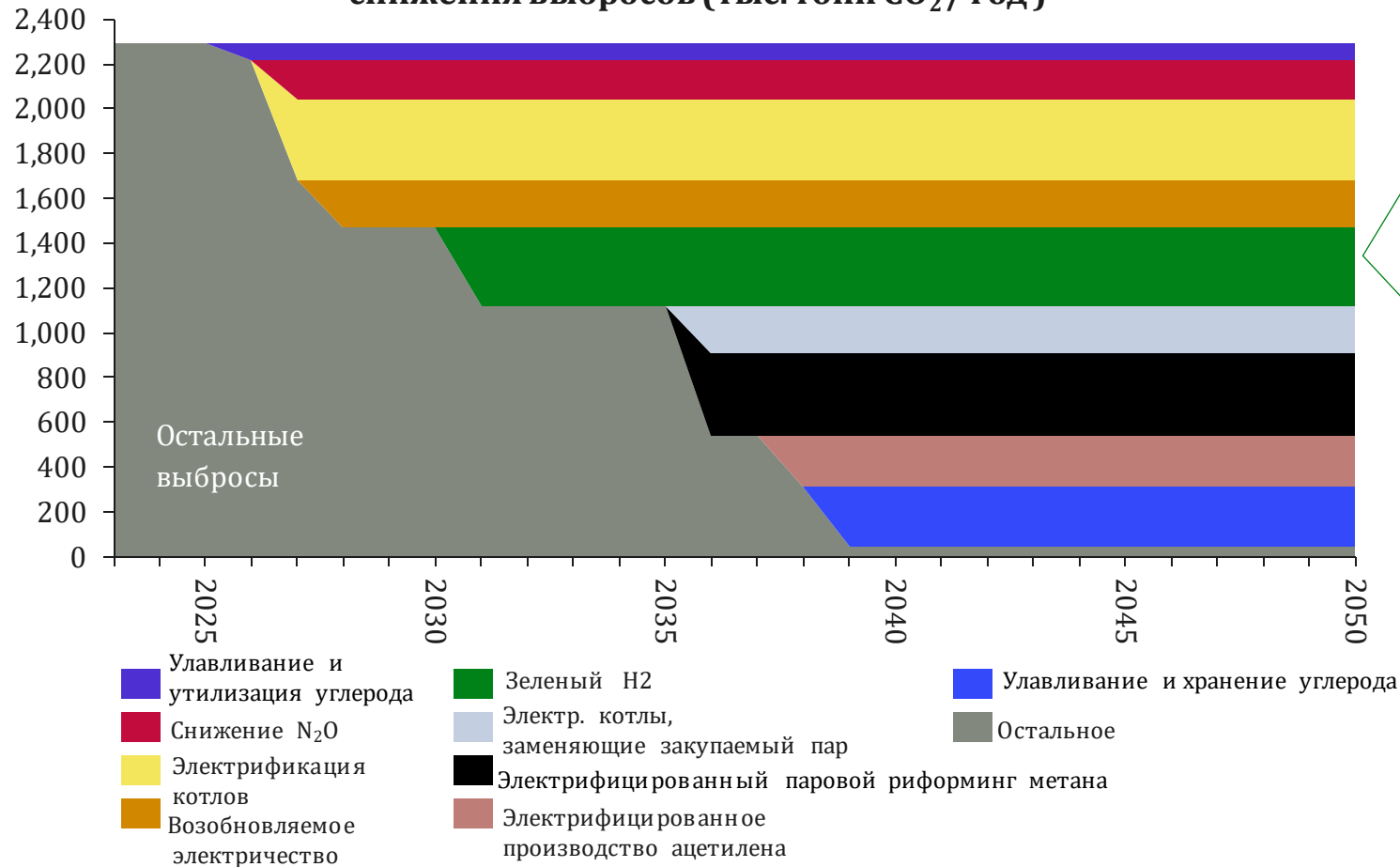
- Общие предельные затраты на снижение выбросов для Низкоуглеродного пути составляют **\$34 / тCO₂ экв** – это средневзвешенное значение за весь период Низкоуглеродного пути.
- Декарбонизация текущего потребления электроэнергии с помощью возобновляемой электроэнергии на сегодняшний день является самым дешевым технологическим вариантом и может быть реализована на ранних этапах Низкоуглеродного пути.
- У технологии «Улавливание и хранение углерода» возникают дополнительные расходы на более старую установку NH₃ (NH₃ 1) из-за более низкой концентрации CO₂.

Анализ чувствительности

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Сценарий низких цен на возобновляемую энергию учитывает более низкую стоимость возобновляемой электроэнергии и экологически чистого H₂, что приводит к использованию зеленого H₂ в рамках этого пути.

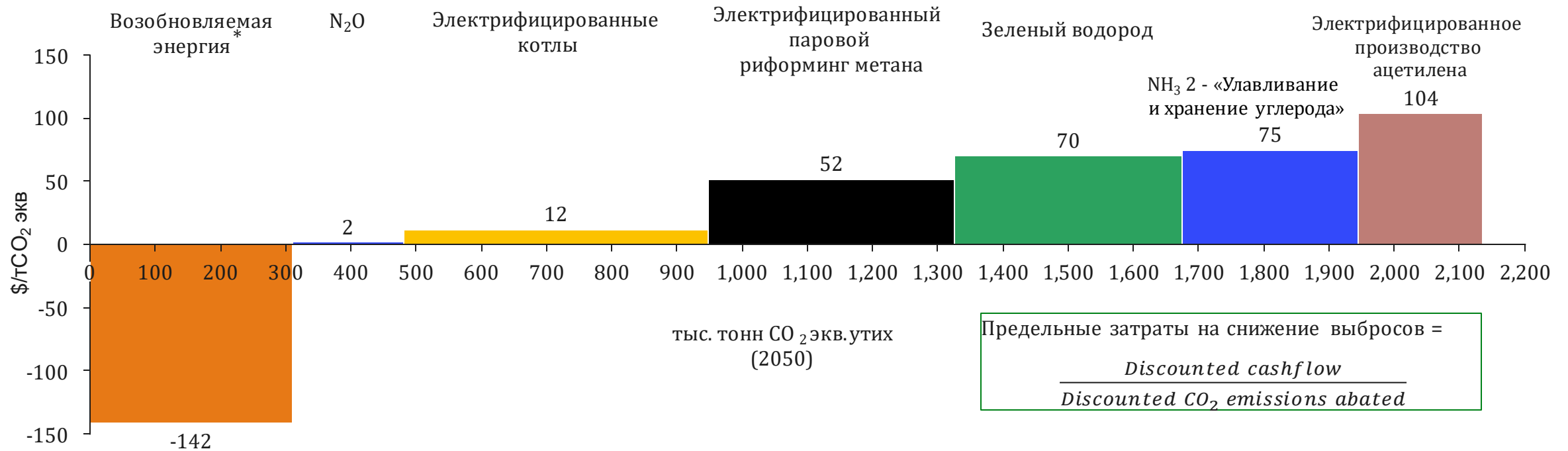
Сокращение производственных выбросов за счет технологии снижения выбросов (тыс. тонн CO₂/год)



Зеленый H₂

- В этом сценарии **зеленый H₂** выбирается вместо CCS, чтобы декарбонизировать старую установку NH₃
- Мы предполагаем, что зеленый H₂ станет доступным после 2030 года, когда его масштабы будут доказаны.
- Мы предполагаем, что зеленый H₂ производится из 100% возобновляемой электроэнергии, работающей с высокой степенью использования.
- Зеленый H₂ заменяет гораздо больше природного газа в более старой установке NH₃ и является относительно более дешевым из-за более низкой эффективности NG/H₂. CCS по-прежнему является предпочтительным вариантом для нового агрегата NH₃.
- Водоемкость зеленого H₂ следует **учитывать** в такой стране, испытывающей водный дефицит, как Узбекистан.

Снижение цен на возобновляемую электроэнергию и H₂ снижает предельные затраты на борьбу с выбросами и делает зеленый H₂ более привлекательным.



- Общие предельные затраты на снижение выбросов для пути чувствительности составляют -1 долл. США/т эквивалента CO₂ – это средневзвешенное значение за весь срок службы LCP
- Снижение цен на возобновляемую электроэнергию и экологически чистый H₂ снижает предельные затраты на борьбу с выбросами большинства технологий (за исключением борьбы с выбросами N₂O и CCS).
- Стоимость зеленого H₂ (70 долларов США/т экв. CO₂) ниже, чем стоимость CCS (96 долларов США/т экв. CO₂) в соответствии с эталонным сценарием LCP для старой установки NH₃ (NH₃ 1), что приводит к переходу от CCS к зеленому H₂ по снижению выбросов

Выводы

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Выводы и последующие шаги для UKS, ЕБРР и правительства

- Разработан Низкоуглеродный путь (LCP), обеспечивающий декарбонизацию завода по производству удобрений и химикатов «Navoiyazot» к 2050 году.
- Базовый сценарий LCP(с использованием допущений о базовых затратах) в значительной степени опирается на использование возобновляемой электроэнергии в краткосрочной перспективе и улавливание и хранение углерода в долгосрочной перспективе.
 - **Замена** электроэнергии из **ископаемого топлива** на возобновляемую электроэнергию и **электрификация** ключевого технологического оборудования, такого как котлы и производство ацетилена, в то время как CCS используется для сокращения выбросов CO₂ на линиях по производству аммиака.
 - Общее потребление электроэнергии из возобновляемых источников в 2050 году по базовому сценарию LCP составит 5,6 ТВтч/год. Реализация потребует **значительного развития сетевой инфраструктуры** и внедрение возобновляемых источников энергии в Узбекистане. Часть спроса может быть удовлетворена за счет солнечной энергии на месте (UKS сообщила о потенциальной мощности 0,4 ТВтч/ год), а часть – за счет запланированных проектов в Навоийской области (2,1 ТВтч/ год запланировано для Навоийской области).
 - Потенциальные **места хранения CCS** были **идентифицированы в Узбекистане** и в относительной близости от Navoiyazot. Однако необходимо провести тщательные геологические **исследования**, чтобы понять их истинный потенциал для долгосрочного хранения. Дальнейшее развитие **инфраструктуры транспортировки CO₂** также необходимо. Это потребует координации и инвестиций со стороны множества заинтересованных сторон в отрасли и правительстве.
- **Сокращение N₂O** является недорогой технологией, доступной сегодня и позволяющей добиться значительного сокращения выбросов. Это должно быть **приоритетом** как краткосрочный вариант декарбонизации.
- Сценарий более низкой чувствительности к затратам на электроэнергию также был разработан с использованием более низких цен на возобновляемую электроэнергию и экологически чистый H₂. В рамках этого сценария произойдет **значительное снижение общей стоимости декарбонизации**. **Зеленый H₂** также **выбран** для декарбонизации старой линии NH₃ вместо CCS.
 - Зеленый H₂ и CCS (в зависимости от используемой технологии охлаждения) могут иметь большой водный след. Регионы Узбекистана подвержены опустыниванию и засухе. При реализации этих вариантов следует внимательно учитывать этот потенциальный барьер.

Приложение

1. Введение
2. Допущения
3. Выбор технологии снижения выбросов
4. Результаты — эталонный сценарий низкоуглеродного пути
5. Анализ чувствительности
6. Выводы
7. Приложение

Некоторое количество углерода улавливается в продуктах, но основной вклад в выбросы по-прежнему вносит природный газ, используемый в качестве сырья

Источник или поглотитель выбросов	Потребление/производство (в год)	Единицы	Коэффициент выбросов (кТ CO ₂ / ГВт/ч)	Выбросы «Navoiyazot» CO ₂ -экв в 2022 г. (кТ/год)
Природный газ (топливо)	3,671	ГВт/ч	0.202	741
Потенциал выбросов природного газа (сырье)*	7,549	ГВт/ч	0.202	1,525
Карбамид	495,549	тонн Карбамид	0,733 (т CO ₂ / т карбамид)	-363
Углерод из газового сырья, содержащийся в других продуктах	59,205	тонн Углерод	3,67 (т CO ₂ / т С)	-217
Электроэнергия (от Навоийской ТЭЦ)	796	ГВт/ч	0.391	311
Пар (от Навоийской ТЭЦ)	265	ГВт/ч	0.391	103
Выбросы N ₂ O (эквивалент CO ₂)	720	t N ₂ O	265 (т CO ₂ экв/т N ₂ O)	191
Итого чистые выбросы CO₂-экв				2,291**

* Предполагается, что углерод исходного сырья, не содержащийся в продуктах, полностью окисляется и выбрасывается в виде CO₂.

** Выбросы могут быть выше по сравнению с выбросами, рассчитанными и предоставленными UKS, поскольку:

- Выбросы электроэнергии и пара не учитывались
- Выбросы N₂O не учитывались
- Портфель продуктов был несколько иным
- Объемы производства продукции (прежде всего NH₃) были несколько ниже

Уровень технологической готовности (TRL) — это широко используемая концепция для оценки зрелости технологий

- Уровень готовности технологии (TRL) используется как индикатор технической и коммерческой зрелости технологии.
- TRL обычно имеет оценку от 1 до 9 и указывает, на каком этапе разработки находится технология: от лаборатории до полномасштабной коммерческой эксплуатации.
- Технология с рейтингом TRL 8–9 будет коммерчески доступна уже сегодня, тогда как технологиям с более низкими оценками потребуется больше времени, прежде чем они станут коммерчески доступными.

TRL	Определение
TRL 1	Основные принципы соблюдены
TRL 2	Сформулирована технологическая концепция
TRL 3	Экспериментальное подтверждение концепции
TRL 4	Технология проверена в лаборатории
TRL 5	Технология проверена в соответствующей среде (в промышленно значимой среде в случае ключевых технологий)
TRL 6	Технология, продемонстрированная в соответствующей среде (в промышленно значимой среде в случае ключевых технологий)
TRL 7	Демонстрация прототипа системы в операционной среде
TRL 8	Система полная и квалифицированная
TRL 9	Фактическая система, проверенная в операционной среде (конкурентоспособное производство в случае ключевых технологий)

Компенсация остаточных выбросов



Путь к «чистому нулю» требует от вас:



1

Установите амбиции

- **Понимание** базового уровня и прогноза выбросов при обычном режиме работы
- **Спланируйте** путь и оцените доступные рычаги декарбонизации.
- **Сообщите о** своих амбициях и сроках достижения «чистого нуля».



2

Декарбонизация (≥90% выбросов*)

- Снижение на 4,2% в год (Охваты 1 и 2, собственные операции)*
- 2,5% в год (Охват 3)*
- Общее сокращение на 90% к 2050 году*



3

Компенсировать остаточные выбросы за счет удаления CO₂ из атмосферы

- **Инвестируйте** напрямую в проекты по охране природы и природных проектах или по удалению CO₂.
- Приобретайте сертификаты по компенсации выбросов.

**По данным SBTi. Для краткосрочных целей. Для долгосрочных целей требуется сокращение на 90%.*

Виды компенсационных проектов

1

Природные решения

сократить выбросы углерода и сохранить больше углерода в ландшафте (например, сохранение лесов и торфяников, лесовосстановление, луга)

2

Общество, здоровье и средства к существованию

усилить социальное воздействие и создать экономические возможности (например, чистая вода и канализация, эффективные кухонные плиты, биогаз)

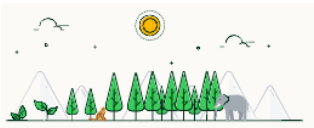
3

Технологии и устойчивая инфраструктура

избежать выбросов парниковых газов и сократить использование ископаемого топлива (например, солнечная энергия, энергия ветра и гидроэнергетика, преобразование биомассы, DACCS)

Типы проектов природных решений

Лесоразведение, лесовосстановление, восстановление растительности



Эти проекты подпадают под категорию «устраивение». Они стремятся преобразовать деградированные и бесплодные земли посредством посадки деревьев.

Пример: восстановление тропического леса и экосистемы путем пересадки деревьев. Эти проекты также могут принести многочисленные дополнительные выгоды для местных сообществ и биоразнообразия, поскольку они могут обеспечить рабочие места и увеличить биоразнообразие. Эта долгосрочная амбиция может охватывать от 20 до 100 лет.

Улучшенное управление лесами (IFM)



Проекты IFM направлены на лучшее сохранение текущего запаса леса во время лесозаготовок.

Пример: управление спелым лесом с выборочной заготовкой древесины в сочетании с мероприятиями по поддержанию спелого лесного покрова, увеличивающими секвестрацию углерода. 90% этих проектов расположены в США и Мексике, причем более 65% — в США.

Голубые углеродные проекты



Эти проекты направлены на восстановление и сохранение прибрежных и морских экосистем.

Пример: мангровые заросли улавливают большое количество углерода, что делает их мощными и биоразнообразными поглотителями углерода.



REDD+

Юрисдикционные инициативы направлены на установление исходных показателей лесов на уровне юрисдикции (т. е. региона или страны), чтобы обеспечить большую точность и больший масштаб воздействия.

Пример: Юрисдикционные механизмы кредитования включают ARTTREES (используется коалицией LEAF), Verra JNR и Калифорнийский стандарт тропических лесов; а механизмы финансирования, ориентированные на результаты, такие как Всемирный банк и Зеленый климатический фонд, также действуют в масштабе юрисдикции.

На сегодняшний день на рынке не поступило ни одного юрисдикционного кредита, но ожидается, что в предстоящие годы объем эмиссии значительно вырастет.

Регенеративное сельское хозяйство



Увеличение содержания углерода над и под землей в сельскохозяйственных районах с помощью различных методов, включая внесение навоза, возврат остатков компоста на поля, укрытие посевов и внедрение деревьев в ландшафты. Сюда также входят проекты, для которых изменение методов ведения сельского хозяйства на более устойчивые может привести к сокращению выбросов.

Пример: прекращение использования синтетических пестицидов и удобрений или улучшение биоразнообразия и севооборота за счет отказа от монокультур.