

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА КАЗАХСТАНА | БЕЛАЯ КНИГА

Implemented by:



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

In cooperation with:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

Являясь предприятием, находящимся в федеральной собственности, GIZ поддерживает правительство Германии в достижении его целей в области международного сотрудничества для устойчивого развития.

Издатель:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Зарегистрированные офисы:
Бонн и Эшборн, Германия

Адрес:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Köthener Str.2
10963, Берлин, Германия
т. +49 61 96 79-0
ф.+49 61 96 79-11 15
info@giz.de
www.giz.de
www.giz.en

Проект:
Развитие потенциала в области климатической политики в странах
Юго-Восточной и Восточной Европы, Южного Кавказа и Центральной Азии

Руководитель проекта:
Илка Старрост
ilka.starrost@giz.de

Авторы:
Крейг Мэнзис, Мадрид
Абдул Кадер, Мельбурн
Александр Болога, Кишинёв

Дизайн и верстка:
Альвира Ертаева, Астана

Источники фото:
©pixabay.com

Данный отчет «Белая книга | Декарбонизация металлургического сектора Казахстана для реализации стратегии углеродной нейтральности в частном секторе» был подготовлен экспертами Global Factor International Consulting в рамках регионального проекта «Развитие потенциала для климатической политики в странах Юго-Восточной и Восточной Европы, Южного Кавказа и Центральной Азии» (CDCPIII), реализуемого Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH по поручению Федерального министерства экономики и защиты климата (BMWK). Проект CDCPIII является частью Международной климатической инициативы (IKI). Федеральное министерство экономики и защиты климата (BMWK) поддерживает эту инициативу на основании решения, принятого Бундестагом Германии.

Содержание данного отчета является исключительной ответственностью авторов и никоим образом не может отражать официальную точку зрения регионального проекта GIZ.

По поручению
Федерального министерства экономики и защиты климата (BMWK)

Казахстан, 2024



БЕЛАЯ КНИГА |

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА КАЗАХСТАНА

для реализации стратегии углеродной нейтральности в частном секторе

“

Данная публикация подготовлена в целях поддержки, оказываемой GIZ GmbH казахстанским партнерам в рамках индивидуальной меры «Поддержка реализации стратегии углеродной нейтральности в частном секторе Казахстана». Публикация в целом основана на аналитических исследованиях и результатах экспертных визитов в Казахстан и, таким образом, предназначена для использования в качестве рабочего документа и не претендует на исчерпывающий анализ всех финансовых, предпринимательских и технических аспектов металлургического сектора Казахстана, а также возможностей и проблем, связанных с его декарбонизацией.

Мнения, выводы и рекомендации, представленные в данной публикации, принадлежат авторам и не обязательно отражают мнение или позицию GIZ GmbH или Федерального правительства Германии. GIZ GmbH не несет ответственности за точность, полноту или качество содержания и не берет на себя ответственность за любые прямые или косвенные последствия, возникающие в результате использования информации, содержащейся в данном документе.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	14
2	Отраслевой анализ металлургической промышленности в Казахстане	19
	2.1 Технические рамки	19
	2.2 Экономическая основа	20
	2.3 Нормативно-правовая база.....	21
	2.4 Политические рамки	23
	2.5 Воздействие на окружающую среду и климат	26
3	Существующие барьеры и дефициты для декарбонизации металлургического сектора	27
	3.1 Барьеры на пути декарбонизации металлургического сектора	27
	3.1.1 Технические и технологические барьеры	27
	3.1.2 Нормативно-правовые барьеры	31
	3.1.3 Экономические барьеры.....	35
	3.1.4 Финансовые барьеры.....	37
	3.1.5 Барьеры, связанные с политикой и механизмами стимулирования.....	39
	3.1.6 Барьеры, связанные с наличием сырья.....	40
	3.1.7 Барьеры, связанные с навыками, знаниями и потенциалом рабочей силы	42
	3.1.8 Социально-экономические барьеры.....	43
4	Потенциал декарбонизации в металлургической промышленности Казахстана	45
	4.1 Горизонт 2030 года.....	50
	4.2 Горизонт 2050 года.....	53
	4.3 Горизонт 2060 года.....	55
5	Экономическая эффективность, конкурентоспособность и рынок для декарбонизации	58
	5.1 Экономическая эффективность.....	58
	5.2 Конкурентоспособность	62
	5.3 Развитие рынка	66
	5.3.1 Воздействие Механизма пограничной корректировки выбросов углерода (СВАМ) Евросоюза	70
6	Применимость наилучших доступных технологий и мер по повышению энергоэффективности	75
7	Интеграция возобновляемых источников энергии в металлургической промышленности	102

7.1	Влияние ВИЭ на горнодобывающие компании и национальную энергосистему	106
8	Влияние мер повышения энергоэффективности на декарбонизацию металлургического сектора	114
9	Управление реализацией отраслевых проектов	117
9.1	Управление на международном и региональном уровне	117
9.2	Управление на национальном уровне	118
9.3	Управление на уровне местных исполнительных органов власти (МИО) областей	126
9.4	Управление на уровне компаний	127
10	Примеры пилотных проектов и подходов к декарбонизации металлургического сектора	132
10.1	Германия	132
10.1.1	Контекст	132
10.1.2	Действия и мероприятия	134
10.1.3	Воздействие и результаты	137
10.1.4	Уроки немецкого опыта для Казахстана	139
10.2	Австралия	141
10.2.1	Контекст	141
10.2.2	Действия и мероприятия	142
10.2.3	Воздействие и результаты	146
10.2.4	Уроки австралийского опыта для Казахстана	150
10.3	Канада	150
10.3.1	Контекст	150
10.3.2	Действия и мероприятия	152
10.3.3	Воздействие и результаты	154
10.3.4	Уроки канадского опыта для Казахстана	155
10.4	Пилотные проекты горнодобывающих компаний	157
11	Потребности в развитии потенциала	160
11.1	Оценка потребностей в развитии потенциала на основе выявленных барьеров и пробелов	162
11.1.1	Для интеграции ВИЭ в металлургию	162
12	Регуляторные потребности и инструменты финансирования	166
12.1	Регуляторные потребности	166
12.2	Финансовые инструменты	169
12.2.1	Внутренние фонды	170
12.2.2	Заемное финансирование	171

12.2.3	Соглашения об оказании услуг	172
13	Рекомендации по основным этапам декарбонизации металлургической промышленности..	173
14	Межсекторальные взаимодействия.....	177
14.1	Воздействие на окружающую среду.....	177
14.1.1	Сельское и лесное хозяйство	177
14.1.2	Управление водными ресурсами	179
14.1.3	Снижение риска бедствий.....	181
14.2	Наличие сырьевых ресурсов.....	184

Список рисунков

Рисунок 1: Выбросы парниковых газов в металлургическом секторе от сжигания топлива (сценарии BAU и NZE).....	46
Рисунок 2: Цена на углерод (ОНУВ и МЭА) и предлагаемая цена на углерод, USD / т CO ₂	49
Рисунок 3: Конечный спрос на энергию в металлургии по видам топлива, кт н.э.	56
Рисунок 4: Электроэнергетические мощности с низким уровнем выбросов (в мире) по источникам.....	80
Рисунок 5: Удельная Интенсивность выбросов (т CO ₂ /т продукции) и доля использование металлолома в сталелитейной и алюминиевой промышленности	89
Рисунок 6: Обзор процесса улавливания, использования и/или хранения углерода (CCUS).....	92
Рисунок 7: Мощности по улавливанию CO ₂ (глобальные).....	93
Рисунок 8: Список проектов УХУ в разбивке по отраслям и годам ввода в эксплуатацию.....	95
Рисунок 9: Сокращение выбросов ПГ газов в сталелитейной и алюминиевой промышленности	97
Рисунок 10: Уровень готовности технологий производства стали.....	99
Рисунок 11: Уровень готовности технологий производства алюминия.....	101
Рисунок 12: Структура производства электроэнергии в 2021 году и прогноз до 2035 года.....	107
Рисунок 13: Цена литий-ионного аккумулятора.....	108
Рисунок 14: Объекты возобновляемой энергетики введенные в эксплуатацию в Казахстане, 2023 г.....	110
Рисунок 14: Как ВИЭ могут быть интегрированы в металлургическую промышленность.....	112
Рисунок 15: Ориентировочный путь компании BlueScore по декарбонизации черной металлургии.	142
Рисунок 16: Цели BlueScore на 2030 год и цель нулевого углеродного баланса в 2050 году.....	143
Рисунок 17: Приоритетные варианты для PKSW	147
Рисунок 18. Использование воды в сталелитейном производстве.....	179
Рисунок 19: Производство минерального сырья в Казахстане.....	185

Список таблиц

Таблица 1: Выбросы от сжигания топлива в металлургическом секторе и УХУ, млн т CO ₂ -экв.	46
Таблица 2: Энергоемкость (на доллар выпуска) металлургии, МДж/USD.	50
Таблица 3: Электроэнергетические мощности с низким уровнем выбросов (в мире) с разбивкой по источникам.	80
Таблица 4: Сценарий производства водорода.	86
Таблица 5: Общее предложение биоэнергии (в мире)	87
Таблица 6: Мощность CCUS (УХУ)	94
Таблица 7: Международный статус НДТ и применимость в Казахстане.	95
Таблица 8: Целевые показатели выбросов углерода в Казахстане.	119
Таблица 9: Влияние сельского и лесного хозяйства в Казахстане.	178
Таблица 10. Загрязнение воды в Казахстане.	180

Аббревиатуры

АСКУЭ	Автоматизированная система коммерческого учета электрической энергии (AFC, <i>англ.</i>)
ВВП	Валовой внутренний продукт
ВИЭ	Возобновляемые источники энергии
ВЭС	Ветровая электростанция (WPP, <i>англ.</i>)
ГБЖ	Горячебрикетированное железо (Hot Briquetted Iron, HBI, <i>англ.</i>)
ЕАЭС	Евразийский экономический союз
ЕС	Европейский Союз
ЕЭС	Единая энергосистема Казахстана (UES, <i>англ.</i>)
ЗИЗЛХ	Сектор землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (LULUCF, <i>англ.</i>)
ИИ	Искусственный интеллект
ИКТ	Исполнительный комитет по технологиям РКlК ООН (Technology Executive Committee, TEC, <i>англ.</i>)
ИКИ	Международная климатическая инициатива (International Climate Initiative, <i>англ.</i>)
ИСО	Международная организация по стандартизации, ИСО (ISO, International Organization for Standardization, <i>англ.</i>)
КС29	29-я Конференция Сторон РКlК ООН (COP29, Conference of Parties of UNFCCC, <i>англ.</i>)
МГЭИК	Межправительственная группа экспертов по изменению климата РКlК ООН
МИО	Местные исполнительные органы власти
МПС	Министерство промышленности и строительства
МСФО	Международные стандарты финансовой отчетности (IFRS, <i>англ.</i>)
МЭА	Международное энергетическое агентство (IAE, <i>англ.</i>)
МЭПР	Министерство экологии и природных ресурсов
ЛЭП	Линия электропередач
НДТ	Наилучшие доступные технологии
НИОКР	Исследования и разработки (R&D, Research and Development, <i>англ.</i>)
НПО	Неправительственная организация
ОЖЦ	Оценка полного жизненного цикла (продукта, технологии и др. прим.перев., LCA, Life-Cycle Assessment, <i>англ.</i>)
ООН	Организация Объединенных Наций (UN, <i>англ.</i>)
ПВЖ	Прямовостановленное железо (Direct Reduced Iron, <i>англ.</i>)
ПГ	Парниковые газы
ПЛК	Программируемые логические контроллеры
ПУТ	пылеугольное топливо
РКlК ООН	Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (UNFCCC, <i>англ.</i>)
РФЦ по ВИЭ	ТОО «Расчетно-финансовый центр по поддержке возобновляемых источников энергии», ТОО «РФЦ по ВИЭ», (RFC, <i>англ.</i>)
СТВ	Система торговли квотами на выбросы (ETS, <i>англ.</i>)

СХЛПЗ	Сельское хозяйство, лесное хозяйство и прочее землепользование (AFOLU, <i>англ.</i>)
СЭС	Солнечная электростанция (SPP, <i>англ.</i>)
ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль
УХУ	Улавливание и хранение углерода, улавливание и утилизация углерода, улавливание, утилизация и/или хранение углерода (CCS, CCU, CCUS, <i>англ.</i>)
ЭДП	Электродуговая печь, (EAF, Electrical Arc Furnace, <i>англ.</i>)
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию
AFC	Автоматизированная система коммерческого учета электрической энергии (АСКУЭ)
AFOLU	Сельское хозяйство, лесное хозяйство и прочее землепользование (СХЛПЗ)
BAT	Наилучшие доступные техники (НДТ)
BAU	Business-as-Usual, «бизнес как обычно»
BMWK	Федеральное министерство экономики и защиты климата Германии (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, <i>нем.</i>)
BOF	Кислородный конвертер (Blast Oxygen Furnace, <i>англ.</i>)
CAPEX	Капитальные затраты, расходы (Capital Expenditure, <i>англ.</i>)
CAWEP	Программа по водным ресурсам и энергетике в Центральной Азии (Central Asia Water & Energy Program, <i>англ.</i>)
CBAM	Механизм пограничной корректировки углеродных выбросов (CBAM, <i>англ.</i>)
ССА	Углеродсодержащие агломераты (Carbon Containing Agglomerates, <i>англ.</i>)
ССС	Улавливание и хранение углерода, УХУ
ССУ	Улавливание и утилизация углерода, УХУ
CCUS	Улавливание, утилизация и/или хранение углерода УХУ
CFD	[Углеродные] контракты на разницу (Contracts for Difference, <i>англ.</i>)
COP29	29-я Конференция Сторон РКИК ООН (КС29), (COP29, Conference of Parties of UNFCCC, <i>англ.</i>)
DIR	Горячбрикетированное железо (ГБЖ), (Hot Briquetted Iron, (HBI), <i>англ.</i>)
DIW	Немецкий институт экономических исследований (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, <i>нем.</i>)
DRI	Direct Reduced Iron, <i>англ.</i> , (Прямовостановленное железо (ПВЖ))
EAF	Electrical Arc Furnace, <i>англ.</i> , (Электродуговая печь, (ЭДП))
EBIT	прибыль до уплаты процентов и налогов (Earnings Before Interest and Taxes, <i>англ.</i>)
EBITDA	прибыль до уплаты процентов, налогов, износа и амортизации (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization, <i>англ.</i>)
ESaaS	контракты на энергосбережение как услугу
ESF	Электроплавильная печь (Electric Smelting Furnace (ESF, <i>англ.</i>))
ESG	экология, социальная политика и корпоративное управление (Environment, Social, Governance, <i>англ.</i>)
EORI	номер регистрации и идентификации экономических операторов (Economic Operators Registration and Identification, <i>англ.</i>)
ETS	Система торговли квотами на выбросы (СТВ)
EV	Электромобиль (Electric Vehicle, <i>англ.</i>)
GmbH	Товарищество с ограниченной ответственностью (ТОО)
CCSI	Институт проблем поглощения и хранения углерода (Carbon Capture and Storage Institute, <i>англ.</i>)

GCF	Green Climate Foundation (Зелёный климатический фонд, ЗКФ)
HBI	Горячебрикетированное железо (Hot Briquetted Iron, (HBI, <i>англ.</i>))
IFRS	Международные стандарты финансовой отчетности (МСФО)
IGCC	Комбинированный цикл с интегрированной газификацией
IKI	Internazionale Klimate Initiative, <i>нем.</i> (Международная климатическая инициатива, ИКИ)
INDC	Предполагаемый ОНУВ (Intended Nationally Determined Contribution, INDC, <i>англ.</i>)
IOC	Канадская железорудная компания, (Rio Tinto Iron Ore Company of Canada, <i>англ.</i>)
IoT	Интернет вещей
I-REC	Международный сертификат на возобновляемую энергию, (International Renewable Energy Certificate, (I-REC, <i>англ.</i>))
IRR	Внутренняя норма прибыли
ISO	Международная организация по стандартизации, ИСО (International Organization for Standardization, <i>англ.</i>)
KEGOC	Kazakhstan Electricity Grid Operating Company (Казахстанская компания по управлению электрическими сетями, КЕГОК)
LCA	Оценка полного жизненного цикла, ОЖЦ (продукта, технологии и др. <i>Прим.перев.</i> , Life-Cycle Assesment, <i>англ.</i>)
LCEF	Фонд низкоуглеродной экономики
LESS	Стандарт стали с низким уровнем выбросов (Low Emission Steel Standard, <i>англ.</i>)
LKAB	Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, шведская горнорудная компания (<i>прим.перев.</i>)
LULUCF	Сектор землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ)
NDC	Определяемый на национальном уровне вклад (ОНУВ)
NGCC	Комбинированные газовые установки
NPV	Чистая приведенная стоимость
NZA	Акселератор Net Zero (Net Zero Accelerator)
NZE	Нулевой углеродный баланс
OPEX	Операционные затраты, расходы (Operational Expenditure, <i>англ.</i>)
PCI	Вдувание пылевидного угля (см. ПУТ), (Pulverized Coal Injection, PCI, <i>англ.</i>)
PKSW	Port Kembla Steek Works
PM2,5	PM2,5 взвешенные твердые микрочастицы и мельчайшие капли жидкости, диаметром до 2,5 микрон, присутствующие в воздухе (particulate matter, <i>англ.</i>)
PPA	Договор купли-продажи электроэнергии, (PPA-контракт, Private Purchase Agreement, <i>англ.</i>)
PRA	Предварительно восстановленные агломераты (Pre-Reduced Agglomerates, <i>англ.</i>)
R&D	Научные исследования и организационно-конструкторские работы (НИОКР)
RFC	ТОО «Расчетно-финансовый центр по поддержке возобновляемых источников энергии» (ТОО «РФЦ по ВИЭ»)
ROI	Возврат инвестиций (Return of Investments, <i>англ.</i>)
SIF	Стратегический инновационный фонд
SPP	Солнечная электростанция (СЭС)
SSAB	Svenskt Stål Aktiebolag (Шведская металлургическая корпорация)

TCO	Общая стоимость владения (The total cost of ownership, <i>англ.</i>)
TEC	Исполнительный комитет по технологиям РКИК ООН, (ИКТ), (Technology Executive Committee, <i>англ.</i>)
TRL	уровень технологической готовности (technical Readiness Level, <i>англ.</i>)
UaaS	контракты на коммунальные услуги как на услуги
UES	Единая энергосистема Казахстана, (ЕЭС)
UN	Организация Объединенных Наций, (ООН)
UNFCCC	Рамочная конвенция по борьбе с изменением климата (РКИК ООН)
UNIDO	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию, (ЮНИДО)
USAID	Агентство США по международному развитию, (U.S. Agency for International Development, <i>англ.</i>)
USD	Доллары США
WPP	Ветровая электростанция (ВЭС)
IAE	Международное энергетическое агентство, (МЭА), (IAE, <i>англ.</i>)

Единицы измерения

г	грамм
г/дм ³	Грамм на кубический дециметр
ГВт·ч	Гигаватт-час
ГВт	Гигаватт
кВт	Киловатт
кВт·ч	Киловатт-час
кт	Килотонна
Гкал	Гигакалория
МВт	Мегаватт
МВт·ч	Мегаватт-час
Мт	Мегатонна
кВт·ч/г	Киловатт-часов в год
т	Тонна
ТДж	Тераджоуль
ч/г	часов в год

Сокращения

прим. перев.	примечания переводчика
т.н.	так называемый
англ.	английский язык
н.э.	нефтяной эквивалент
тыс.т	тысяч тонн
н.э.	нефтяной эквивалент
CO ₂ экв.	CO ₂ эквивалент
нем.	Немецкий
швед.	шведский

1 ВВЕДЕНИЕ

Казахстан - страна, богатая природными ресурсами, с быстро развивающейся экономикой, значительная часть которой основана на добыче и использовании ископаемого топлива. В 2023 году Казахстан занял 10-е место в мире по добыче угля¹ и 12-е место по добыче нефти². Такая высокая зависимость от ископаемых видов топлива стала движущей силой экономического роста, но одновременно представляет серьёзное препятствие на пути к переходу на низкоуглеродные технологии. Зависимость от традиционных источников энергии создает уникальную задачу для Казахстана, который стремится декарбонизировать свою экономику.

В то же время страна сталкивается с растущей уязвимостью к последствиям изменения климата, что побудило правительство разработать национальную долгосрочную стратегию достижения углеродной нейтральности. Эта стратегия определяет ключевые инвестиции, необходимые для достижения углеродной нейтральности к 2060 году, с особым акцентом на энергетический сектор, включая производство электроэнергии и тепла. В данной «белой книге» особое внимание уделяется металлургическому сектору, который является основой экономики Казахстана и играет ключевую роль в сокращении выбросов парниковых газов (ПГ).

Значение металлургической промышленности в Казахстане

Металлургическая промышленность Казахстана занимает ключевое место в национальной экономике, внося значительный вклад в валовой внутренний продукт (ВВП). Основой отрасли является добыча, переработка и экспорт металлов, таких как железо, сталь, медь, цинк и алюминий. Обширные минеральные ресурсы позволили Казахстану стать одним из ведущих мировых производителей этих металлов, что укрепило его позиции как важного игрока на глобальном рынке.

Металлургия не только поддерживает внутреннюю экономику, но и играет важную роль в международной торговле. Экспорт металлопродукции – это один из основных источников дохода страны, который обеспечивает экономическую стабильность и рост. Однако отрасль сталкивается с рядом вызовов: воздействие на окружающую среду, стареющая инфраструктура и необходимость технологического обновления. Решение этих проблем критически важно для достижения целей Казахстана по углеродной нейтральности.

Проблемы металлургической промышленности Казахстана

Металлургическая промышленность Казахстана сталкивается с рядом вызовов в своем стремлении к модернизации и снижению экологического воздействия. Одной из главных проблем является

¹ [Горные технологии, 2024 год. Добыча угля в Казахстане и основные проекты.](#)

² [Управление энергетической информации США, 2023 год. Нефть и жидкие нефтепродукты.](#)

стареющая инфраструктура, а также ограниченный опыт в реализации инициатив по декарбонизации. На начальном этапе предпринимаются усилия по модернизации предприятий, повышению эффективности и внедрению более устойчивых практик, однако этих мер пока недостаточно для соответствия требованиям низкоуглеродного будущего.

В то же время растет глобальный спрос на низкоуглеродистую продукцию и металлопродукцию. Международные рынки предъявляют новые требования и вводят стандарты, которые обязывают металлургические компании снижать выбросы и внедрять более чистые процессы. Если Казахстан не адаптируется к этим изменениям, это может ограничить его доступ к ключевым рынкам, что, в свою очередь, подорвет экономическую устойчивость сектора. Эти вызовы подчеркивают необходимость принятия срочных мер для интеграции усилий по декарбонизации и адаптации к передовому международному опыту.

Необходимость стратегического подхода к декарбонизации

Декарбонизация энергоемких процессов в металлургической промышленности представляет собой сложную задачу, которая требует тщательного планирования и координации. Сотрудничество на уровне всей отрасли может принести значительные выгоды, при этом правительство должно играть ключевую роль в стимулировании и поддержке усилий по декарбонизации. Участие других секторов, включая финансовый и кредитный, также необходимо для обеспечения инвестиций и успешной реализации низкоуглеродных инициатив.

Четкий стратегический подход и координация действий являются решающими факторами для успешной декарбонизации металлургической промышленности Казахстана. Международный опыт свидетельствует, что наибольшая эффективность усилий по снижению выбросов достигается при наличии комплексного плана, который включает в себя всех заинтересованных сторон, включая частный сектор. Такой план должен предоставлять необходимую поддержку и возможности для достижения поставленных целей по сокращению выбросов.

Роль отраслевой «белой книги»

В данной публикации представлен детальный анализ металлургической промышленности Казахстана, учитывающий технико-экономические, правовые и политические аспекты, влияющие на развитие отрасли. «Белая книга» освещает ключевые барьеры на пути к декарбонизации металлургического сектора, включая использование устаревших технологий, высокую энергоемкость процессов и отсутствие опыта реализации низкоуглеродных инициатив.

В документе приводится анализ потенциала декарбонизации до 2030, 2050 и 2060 годов, соответствующий Определяемым на национальном уровне вкладом (ОНУВ) Казахстана и долгосрочной стратегии страны. Также рассматриваются экономическая эффективность, конкурентоспособность и влияние Механизма пограничной корректировки углеродных выбросов (СВАМ) Европейского союза, который устанавливает цену на углеродный импорт в зависимости от углеродоемкости продукции. Эти факторы могут оказать значительное влияние на казахстанский экспорт металлов.

Экономическая эффективность, конкурентоспособность и динамика рынка

«Белая книга» включает в себя анализ экономической эффективности и конкурентоспособности инициатив по декарбонизации металлургического сектора. Важным элементом этого анализа является оценка влияния Механизма пограничной корректировки углеродных выбросов (СВАМ) Европейского союза на казахстанскую промышленность. Данный механизм вводит цену на углеродные выбросы для импорта в ЕС в зависимости от углеродоемкости продукции, что может существенно повлиять на экспорт металлов из Казахстана.

Для сохранения конкурентоспособности на мировых рынках казахстанским металлургическим компаниям необходимо адаптироваться к меняющимся экологическим стандартам и снижать объемы выбросов. В «белой книге» подробно рассматриваются требования, которым должны соответствовать предприятия, включая внедрение наилучших доступных технологий и реализацию мер по повышению энергоэффективности. Также уделено внимание потенциалу интеграции возобновляемых источников энергии в металлургическом секторе, что может значительно улучшить экологические показатели и повысить экономическую устойчивость отрасли.

Наилучшие доступные технологии и меры по повышению энергоэффективности

Интеграция наилучших доступных технологий (НДТ)³ и мер по повышению энергоэффективности является критически важной для декарбонизации металлургической промышленности Казахстана. В «белой книге» представлен детальный обзор технологий, которые могут быть использованы для снижения выбросов, таких как передовые процессы плавки и рафинирования, системы рекуперации тепла и альтернативные виды топлива (биомасса, водород).

Повышение энергоэффективности позволяет значительно сократить энергопотребление и углеродоемкость металлургических процессов, одновременно снижая затраты и минимизируя воздействие на окружающую среду. Эти меры рассматриваются в Белой книге как важнейшие шаги для успешной реализации стратегии декарбонизации.

Интеграция возобновляемых источников энергии и вопросы управления

В «белой книге» рассматриваются перспективы интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в металлургическом секторе. Проведен анализ потенциала солнечной, ветровой и гидроэнергетики для удовлетворения энергетических потребностей металлургических предприятий. Использование ВИЭ может значительно снизить зависимость отрасли от ископаемого топлива и уменьшить углеродный след, что делает этот подход важным элементом стратегии декарбонизации.

Вопросы управления также занимают центральное место в «белой книге». Эффективное управление является ключевым условием для координации усилий по декарбонизации и их согласования с национальной и международной климатической политикой. В документе определены основные вызовы в области управления, с которыми сталкивается металлургический сектор Казахстана,

³ <https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/environmental-law-2024/kazakhstan/trends-and-developments>, New Environmental Policy under Trends and Developments

включая необходимость укрепления нормативно-правовой базы, усиления контроля за соблюдением экологических стандартов и повышения прозрачности отчетности по выбросам и прогрессу в достижении целей декарбонизации.

Уроки, извлеченные из международного опыта

«Белая книга» опирается на международный опыт, чтобы предоставить рекомендации для металлургического сектора Казахстана. Она включает тематические исследования инициатив по декарбонизации в других странах, акцентируя внимание на лучших практиках и извлеченных уроках, которые могут быть адаптированы к условиям Казахстана. Эти примеры подчеркивают важность стратегического подхода к декарбонизации и демонстрируют преимущества сотрудничества между промышленностью, государственными органами и другими заинтересованными сторонами.

Документ также выделяет необходимость укрепления потенциала для поддержки декарбонизации металлургической отрасли Казахстана. Это включает развитие технических навыков и знаний, необходимых для внедрения низкоуглеродных технологий, а также предоставление финансовой и институциональной поддержки, необходимой для перехода к низкоуглеродной экономике.

Нормативные потребности и инструменты финансирования

Успешная декарбонизация металлургического сектора Казахстана требует благоприятной нормативно-правовой базы и доступа к разнообразным финансовым инструментам. В «белой книге» указаны ключевые реформы в области регулирования, способствующие внедрению низкоуглеродных технологий. Среди них – разработка стандартов и сертификаций в сфере энергоэффективности и сокращения выбросов.

Финансирование играет решающую роль в реализации стратегии декарбонизации. В «белой книге» представлены различные финансовые механизмы, которые могут быть использованы для поддержки отрасли. Обеспечение доступа к недорогому финансированию позволит компаниям инвестировать в новые технологии и модернизацию инфраструктуры, что необходимо для сокращения углеродных выбросов.

Дорожная карта и основные этапы декарбонизации

Одним из ключевых результатов данной «белой книги» является разработка основных этапов декарбонизации для металлургического сектора Казахстана. Эти этапы включают цели по сокращению выбросов на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективы, которые согласованы с национальными стратегиями и планами страны.

Для достижения этих целей в документе представлены конкретные действия и инициативы, такие как внедрение наилучших доступных технологий, реализация мер по повышению энергоэффективности и интеграция возобновляемых источников энергии. Эти меры направлены на постепенное снижение углеродного следа металлургической отрасли.

Взаимосвязь секторов и выводы

В заключительной части «белой книги» акцентируется внимание на межотраслевых связях металлургии с другими ключевыми секторами экономики, включая энергетический сектор. Также рассматриваются возможности синергии, которые могут возникнуть при координации усилий по декарбонизации различных отраслей. Такой целостный подход позволяет Казахстану не только максимально эффективно использовать низкоуглеродные технологии, но и обеспечивать комплексный вклад всех секторов в достижение национальных климатических целей.

Белая книга предлагает подробный анализ проблем и возможностей, стоящих перед металлургическим сектором в процессе декарбонизации. В документе изложена стратегическая дорожная карта, ведущая к углеродной нейтральности к 2060 году, с конкретными рекомендациями для промышленности, государственных органов и других участников. Реализация данных рекомендаций позволит Казахстану позиционировать свою металлургическую отрасль как конкурентоспособную и устойчивую в условиях глобального перехода к низкоуглеродной экономике.

2 ОТРАСЛЕВОЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

2.1 ТЕХНИЧЕСКИЕ РАМКИ

- На данный момент Правительством Республики Казахстан утверждено 14 руководств по наилучшим доступным технологиям (НДТ) для различных промышленных процессов в экономике страны. Из них 10 руководств относятся к металлургическому сектору. В частности, это документы, охватывающие такие направления, как производство цинка и кадмия, свинца, меди и драгоценных металлов (включая золото), добыча и обогащение руд цветных металлов (включая драгоценные металлы), производство чугуна и стали, добыча и обогащение угля, производство ферросплавов, переработка продуктов черных металлов, производство алюминия, а также добыча и обогащение железных и других руд черных металлов.⁴
- Правительство Казахстана утвердило стратегию достижения углеродной нейтральности к 2060 году. Этот документ, Стратегия Республики Казахстан по достижению углеродной нейтральности к 2060 году⁵, был утвержден Указом Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года №121.
- В процессе подготовки Стратегии по достижению углеродной нейтральности Казахстана до 2060 года в 2021 году GIZ провела исследование, в рамках которого были количественно смоделированы потенциальные пути сокращения выбросов ПГ в Казахстане до 2060 года. Хотя результаты исследования не имеют официального статуса, они были использованы для обсуждения и определения ключевых аспектов стратегии достижения углеродной нейтральности до 2060 года. Исследование GIZ выделило несколько ключевых технических допущений и этапов, касающихся производственной деятельности и выбросов ПГ в металлургическом секторе до 2060 года:
 - Значительная часть стали, произведенной в период до 2060 года, будет продолжать производиться в конвертерах с использованием доменных печей для извлечения железа из руды. Однако это относится только к базовому сценарию.

⁴ Зеленый мост Казахстан, 2024. Справочники по наилучшим доступным технологиям. <https://green-bridge.kz/en/news/Handbooks+on+Best+Available+Techniques+%28BAT%29/>

⁵ РКИК ООН, 2024. Стратегия Республики Казахстан по достижению углеродной нейтральности к 2060 году. Неофициальный перевод на английский язык. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Carbon_Neutrlaity_Strategy_Kazakhstan_Eng_Oct2024.pdf.

- Сценарий углеродной нейтральности прогнозирует активный переход на технологии прямого восстановления железа (DRI) с использованием природного газа и водорода в период с 2030 по 2040 год. К 2045 году почти все доменные печи и агломерационное производство будут заменены DRI-технологиями, что позволит стабилизировать выбросы как от промышленных процессов и использования продукции (IPPU), так и от энергопотребления, несмотря на рост объемов производства.
- В целом, текущие производственные процессы алюминия в Казахстане не используют новейшие низкоуглеродные технологии. В базовом сценарии внедрение более эффективных технологий с низким уровнем выбросов начнется после 2030 года, когда действующее оборудование исчерпает срок эксплуатации. Это обеспечит временное снижение углеродных выбросов, но при увеличении объемов производства они вернуться к текущим уровням (2024 год). В сценарии углеродной нейтральности предполагается сохранение текущего уровня производства с заменой оборудования на современные низкоуглеродные технологии.
- Некоторые металлургические предприятия Казахстана уже используют собственные возобновляемые источники энергии (в основном солнечные фотоэлектрические системы), что может способствовать снижению углеродного следа отрасли.

2.2 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОСНОВА

Государственная поддержка

- Политика, реализуемая в рамках «Стратегии Казахстан 2050», направлена на обеспечение устойчивого экономического роста и диверсификацию промышленности до 2050 года.
- Правительство работает над улучшением инвестиционного климата, упрощая регуляторные процедуры и предоставляя налоговые льготы для привлечения иностранных инвесторов.
- Особые экономические зоны предоставляют дополнительные преимущества, включая освобождение от налогов и снижение таможенных пошлин.

Международные сети

- Членство Казахстана в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) открывает доступ к более крупным рынкам и упрощает торговлю с другими странами-участницами.
- Двусторонние торговые соглашения с различными странами и регионами (например, экспорт алюминия в страны ЕС) способствуют увеличению объемов экспорта металлургической продукции.

2.3 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

Действующие правовые меры

- Закон "О недрах и недропользовании".⁶ Этот закон регулирует разведку, добычу и переработку минеральных ресурсов в Казахстане. Основные положения включают четкие правила получения лицензий и разрешений на горно-металлургическую деятельность, охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Также закон требует обязательной оценки воздействия на окружающую среду для реализации новых проектов.
- Экологический кодекс.⁷ Кодекс направлен на защиту окружающей среды и обеспечение устойчивого развития через строгие экологические нормы. Его ключевые элементы включают установление нормативов выбросов парниковых газов и лимитов на загрязняющие вещества для металлургических предприятий, обязательный экологический мониторинг и отчетность, а также введение штрафов за нарушение экологических стандартов.
- Закон об энергосбережении и повышении энергоэффективности.⁸ Этот закон направлен на повышение энергоэффективности и снижение энергопотребления в различных отраслях промышленности, включая металлургию. Его ключевые положения включают обязательное проведение энергоаудитов на металлургических предприятиях, стимулирование внедрения энергоэффективных технологий и практик, а также установление целевых показателей по снижению энергопотребления с последующим мониторингом их выполнения.
- Закон об инвестициях.⁹ Закон ориентирован на привлечение отечественных и иностранных инвестиций в экономику Казахстана, уделяя особое внимание стратегическим отраслям, таким как металлургия. Основные положения включают предоставление налоговых льгот и финансовую поддержку для инвесторов в металлургическом секторе, правовую защиту и гарантии для инвесторов, а также развитие государственно-частного партнерства для стимулирования роста металлургической промышленности.

⁶ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2024. О недрах и недропользовании. <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125>

⁷ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2024. Экологический кодекс Республики Казахстан. <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K070000212>

⁸ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2024. Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности. <https://adilet.zan.kz/eng/docs/Z1200000541>

⁹ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2024. <https://adilet.zan.kz/eng/docs/Z040000576>

Действующие правила

Действующие нормативно-правовые акты, имеющие прямое или косвенное отношение к металлургии в Казахстане, включают в себя:¹⁰

- Об утверждении перечня приоритетных видов деятельности, осуществляемых на территориях специальных экономических зон, на которые распространяется специальный правовой режим специальной экономической зоны.
- Об утверждении Правил проведения экспертизы для установления связи профессионального заболевания с исполнением трудовых (служебных) обязанностей.
- О ратификации Соглашения о сотрудничестве государств-участников Содружества Независимых Государств в области горно-металлургической промышленности.
- Об утверждении Концепции внешней политики Республики Казахстан на 2020-2030 годы.
- Об утверждении Правил перевозок грузов железнодорожным транспортом.
- Кодекс Республики Казахстан "О недрах и недропользовании".
- Об утверждении Правил получения отказа от субъектов производства драгоценных металлов или подтверждения уполномоченного органа о наличии такого отказа, а также условий для субъектов производства драгоценных металлов
- Об утверждении форм заключений о возможности (невозможности) и экономической целесообразности (нецелесообразности) промышленного извлечения драгоценных металлов из сырьевых товаров в Республике Казахстан и об экономической нецелесообразности или невозможности переработки сырьевых товаров, содержащих драгоценные металлы, на территории Республики Казахстан
- О драгоценных металлах и драгоценных камнях
- Об утверждении Правил формирования перечня субъектов производства драгоценных металлов
- О некоторых вопросах транспортировки лома и отходов черных и цветных металлов
- Об утверждении Правил реализации приоритетного права государства на приобретение аффинированного золота для пополнения активов в драгоценных металлах

¹⁰ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2024. <https://adilet.zan.kz/eng>

- Об утверждении Правил передачи на аффинаж лома и отходов драгоценных металлов, обращенных в собственность государства по отдельным основаниям, в слитки аффинированного золота и получения их после аффинажа
- Об утверждении Правил представления сведений по юридическим лицам, осуществляющим сбор лома и отходов цветных и черных металлов, и физическим лицам, осуществляющим реализацию такого лома и отходов и их формы
- О промышленной политике.

Цветная металлургия

- В настоящее время разрабатываются поправки к техническим регламентам, направленные на совершенствование отраслевых стандартов в цветной металлургии.¹¹

2.4 ПОЛИТИЧЕСКИЕ РАМКИ

Соответствующие учреждения

- Ключевые государственные министерства и организации, связанные с металлургической промышленностью Казахстана:
 - Министерство экологии и природных ресурсов
 - Министерство энергетики
 - Министерство промышленности и строительства
 - Министерство экономики
 - Жасыл Даму [национальный оператор казахстанской схемы торговли выбросами парниковых газов (KZ ETS)]

Основные направления политики в области металлургии, действующие в Казахстане

- В Казахстане разработано несколько ключевых направлений политики, ориентированных на регулирование и развитие металлургического сектора с учетом принципов устойчивого развития, экономического роста и модернизации. Национальная политика направлена на достижение стратегической цели правительства – углеродной нейтральности к 2060 году. К основным направлениям относятся:

¹¹ [The Astana Times, 2024 год. Казахстан планирует получить 3,7 миллиарда долларов от 180 новых проектов в 2024 году.](#)

- Концепция по переходу к «зелёной» экономике.¹² Переход к «зелёной» экономике предполагает внедрение устойчивых практик во всех секторах экономики, включая металлургию. Основные направления этой политики:
 - Стимулирование сокращения выбросов парниковых газов и энергопотребления в металлургических процессах.
 - Реализация стратегий переработки и утилизации отходов.
 - Продвижение использования возобновляемых источников энергии в металлургической промышленности.
- Стратегия Республики Казахстан по достижению углеродной нейтральности к 2060 году.^{Error! Bookmark not defined.} Основная цель стратегии – создание низкоуглеродной экономики за счет сокращения выбросов парниковых газов и внедрения устойчивых практик.
- Как уже упоминалось ранее, в рамках подготовки стратегии углеродной нейтральности Казахстана до 2060 года (LEDS) в 2021 году GIZ провел исследование по количественному моделированию путей снижения выбросов ПГ до 2060 года. Хотя результаты исследования не имеют официального статуса, они представляют собой комплексную оценку возможных путей сокращения выбросов ПГ в стране. Исследование охватывало анализ выбросов ПГ от сжигания топлива в промышленности по секторам и энергоёмкость производства в отдельных отраслях, включая черную и цветную металлургию. Базовым годом для моделируемых сценариев был 2017 год, а прогнозы были сделаны на 2030, 2040, 2050 и 2060 годы для "базового" и "углеродно-нейтрального" сценариев. При моделировании рассматривался отказ от углеродного и теплового окисления руды. В исследовании также были определены решения по декарбонизации металлургического производства: для производства алюминия – переход на использование инертных анодов, что исключает углерод в процессе выплавки; для производства стали – применение "зелёного" водорода для прямого восстановления железа (DRI) в сочетании с электродуговыми печами.

Экспорт продукции металлургии

- В период с января по май 2024 года объем металлургического производства в Казахстане увеличился на 54,2%, что обусловлено ростом производства ферросплавов, алюминия-сырца, свинца-сырца и рафинированной меди.
- Повышение объемов экспорта улучшило торговый баланс страны и способствовало росту валютных резервов. За первые четыре месяца 2024 года экспорт металлургической продукции вырос на 8,3%, достигнув 4,7 млрд долларов.¹¹

¹² Азиатско-Тихоокеанская Энергия, 2013. Концепция по переходу Республики Казахстан к зеленой экономике.
<https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Concept%20on%20Transition%20towards%20Green%20Economy%20until%202050%20%28EN%29.pdf>

- Число действующих предприятий в металлургической отрасли продолжает увеличиваться. Согласно данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан, в секторе работают 442 компании, из которых 26 являются крупными предприятиями.¹³
- В последние годы была усилена нормативная база, касающаяся сбора и переработки металлолома¹⁴. Правительство создало органы для выдачи разрешений второй категории и ужесточило экспортный контроль для укрепления внутреннего рынка, в частности, введя запрет на экспорт лома черных и отходов цветных металлов.

Цветная металлургия

- В первой половине 2024 года развитие цветной металлургии Казахстана активно продвигалось благодаря международному сотрудничеству. Министерство индустрии и строительства заключило меморандумы о взаимопонимании с Министерством коммерции Китая и Министерством торговли, промышленности и энергетики Южной Кореи, направленные на углубление сотрудничества в данной сфере.¹⁵

Циркулярная экономика

- Государственные стратегии: Принципы циркулярной экономики были интегрированы в ключевые национальные документы, такие как "Стратегия Казахстан 2050"¹⁶, с акцентом на устойчивое развитие и эффективное использование природных ресурсов.
- В Казахстане функционируют предприятия по сбору и переработке металлолома, а также ужесточены правила в этой сфере, что способствует сокращению использования первичного сырья и снижению экологического воздействия¹⁷.
- Ведется обновление природоохранного законодательства, включающее меры по сокращению отходов, переработке и внедрению экологически чистых технологий в металлургическом секторе.

¹³ Национальное бюро по статистике, 2024. Статистика предприятий. <https://stat.gov.kz/en/industries/business-statistics/stat-org/>.

¹⁴ Центр ГМК, 2024 год. Казахстан снова продлевает запрет на экспорт лома. <https://gmk.center/en/news/kazakhstan-extends-ban-on-scrap-exports-again/>.

¹⁵ The Korea Times, 12 июня 2024 г. Южная Корея и Казахстан подписали соглашение о партнерстве в области критического минерального сырья. <http://www.koreatimesus.com/s-korea-kazakhstan-sign-critical-minerals-partnership-agreement/>.

¹⁶ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2012. Стратегия "Казахстан 2050". <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1200002050>.

¹⁷ Weartech, 2024. Казахстан ужесточает правила сбора и переработки металлолома. <https://weartech.kz/en/kazakhstan-tightens-regulations-on-scrap-metal-collection-and-recycling>.

2.5 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И КЛИМАТ

Выбросы парниковых газов

- За последние три календарных года выбросы парниковых газов в металлургическом секторе несколько снизились:¹⁸
 - 2021 ГОД - 28 440 426 тонн CO₂.
 - 2022 ГОД - 26 018 847 тонн CO₂.
 - 2023 ГОД - 24 242 843 тонны CO₂.

Вопросы загрязнения воды

- Шахтные хвосты представляют собой отходы, образующиеся в процессе добычи полезных ископаемых. Эти отходы часто содержат опасные вещества, способные загрязнять водные объекты при несоответствующем обращении.¹⁹
- Для решения проблемы аварийного загрязнения воды, связанного с металлургической деятельностью, особенно с эксплуатацией хвостохранилищ, в Казахстане создана Межведомственная рабочая группа по безопасности хвостохранилищ и предотвращению аварийного загрязнения водных объектов²⁰. Ее основная задача – укрепление национального потенциала и разработка мер по минимизации рисков, связанных с водными ресурсами.

¹⁸ ЭКОЖЕР, 2024. Данные предоставлены Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан

¹⁹ ЕЭК ООН, 2023. Казахстан принимает дальнейшие меры по предотвращению аварийного загрязнения воды хвостохранилищами шахт при поддержке ЕЭК ООН. <https://unece.org/environment/news/kazakhstan-takes-further-measures-prevent-accidental-water-pollution-mine-tailings>

²⁰ ЕЭК ООН, 2022. Казахстан усилит безопасность хвостохранилищ и предотвратит загрязнение воды при поддержке ЕЭК ООН. <https://unece.org/media/news/365127>

3 СУЩЕСТВУЮЩИЕ БАРЬЕРЫ И ДЕФИЦИТЫ ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА

В данном разделе рассматриваются ключевые барьеры, препятствующие декарбонизации металлургического сектора Казахстана, включая: i) технические и технологические ограничения, ii) нормативно-правовые вопросы, iii) экономические вызовы, iv) недостаток финансовой поддержки, v) политику и отсутствие эффективных механизмов стимулирования, vi) доступность сырья, vii) дефицит навыков, знаний и потенциала рабочей силы, viii) социально-экономические аспекты.

Среди наиболее значимых препятствий выделяются высокая стоимость внедрения низкоуглеродных технологий, сложная рыночная динамика, наличие крупных угольных запасов, изношенные активы в сфере передачи и распределения электроэнергии, низкие потребительские тарифы на электроэнергию, отсутствие эффективного рынка углеродных выбросов, ограниченные финансовые ресурсы и отсутствие доступных кредитных линий для инвестиций в низкоуглеродные и энергоэффективные производственные системы.

3.1 БАРЬЕРЫ НА ПУТИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА

3.1.1 Технические и технологические барьеры

Высокое потребление энергии

- Металлургические процессы, особенно производство стали и алюминия, характеризуются высокой энергоемкостью. Снижение энергоемкости этих процессов без ущерба для производительности и качества продукции представляет собой сложную задачу. Поиск баланса между повышением энергоэффективности и сохранением эксплуатационных характеристик является одним из ключевых технических барьеров на пути декарбонизации.

Зависимость от ископаемого топлива и технологических выбросов

- Металлургический сектор в значительной степени полагается на уголь и природный газ как основные источники энергии. Такая почти полная зависимость создает серьезные препятствия для декарбонизации, требуя перехода на неископаемые виды топлива, что в некоторых случаях требует замены оборудования и изменения производственных процессов.
- Переход на возобновляемые источники энергии или более чистые виды топлива, такие как водород, требует значительных изменений в инфраструктуре и крупных инвестиций. Эти изменения осложняются недостатком инвестиционных средств, потенциальной утратой

конкурентных преимуществ, а также высокими ставками финансирования, обусловленными восприятием высоких рисков. Масштабные преобразования инфраструктуры и значительные финансовые затраты замедляют отказ от ископаемого топлива в металлургическом секторе.

- Процессы восстановления железной руды в доменных печах сопровождаются значительными выбросами CO₂. Разработка и внедрение альтернативных технологий, таких как прямое восстановление с использованием водорода, остается сложной задачей, так как эти технологии находятся на экспериментальной или ранней коммерческой стадии.
- Металлургические процессы также связаны с неизбежными выбросами в результате химических реакций, например, выделением CO₂ из известняка в доменных печах. Эти выбросы трудно сократить, так как декарбонизация таких процессов требует либо кардинального изменения технологий, либо разработки совершенно новых решений.

Проблемы электросетей:

- Инфраструктура возобновляемых источников энергии в Казахстане развита недостаточно. Это создает значительные трудности, так как расширение мощностей ВИЭ и их интеграция в энергоснабжение металлургических предприятий требуют больших финансовых затрат и технических усилий. При этом использование ВИЭ является одной из ключевых мер для декарбонизации металлургического сектора.
- В 2024 году только 6,47% от общего объема электроэнергии, производимой в Казахстане, поступает из возобновляемых источников энергии²¹. По состоянию на середину июля 2024 года в Казахстане действуют 148 объектов ВИЭ с общей установленной мощностью 2 903,54 МВт, в том числе:
 - 59 ветроэлектростанций общей мощностью 1 409,55 МВт.
 - 46 солнечных электростанций общей мощностью 1 222,61 МВт.
 - 40 гидроэлектростанций общей мощностью 269,78 МВт.
 - 3 биогазовые электростанции общей мощностью 1,77 МВт.²²
- Важной проблемой декарбонизации энергетического сектора является использование устаревшего оборудования и систем, что затрудняет внедрение таких мер, как электрификация, автоматизация, управление спросом и другие технологии для повышения

²¹ В Казахстане установлены следующие целевые показатели по доле выработки электроэнергии из возобновляемых источников в общем объеме производства электроэнергии: 6% в 2025 году; 15% в 2030 году; 50% в 2050 году; и 80% в 2060 году.

²² The Times of Central Asia, 2024. Казахстан сообщает о генерации возобновляемой энергии.
<https://timesca.com/kazakhstan-reports-on-renewable-energy-generation/>

энергоэффективности и снижения выбросов углерода. Модернизация сетей и систем требует значительных инвестиций, что создает серьезное препятствие.

- Проблемы в сетях электропередачи, включая технические потери, перебои и другие сбои, усложняют балансировку и интеграцию систем с переменной мощностью на основе ВИЭ. Это препятствие может привести к нестабильности и неэффективности энергоснабжения, что особенно критично для энергоемких производственных процессов.
- В последние годы участились случаи внеплановых остановок. Эти простои негативно влияют на декарбонизацию металлургического сектора, поскольку нарушают непрерывность производственных процессов, снижают их эффективность и увеличивают зависимость от резервных систем, которые зачастую являются углеродоемкими.

Доступность низкоуглеродных технологий

- Передовые низкоуглеродные технологии, такие как электродуговые печи (EAF) и прямое восстановление железа (DRI) с использованием водорода, в Казахстане не являются широкодоступными и остаются дорогостоящими.
- В стране отсутствует инфраструктура для производства, хранения и транспортировки водорода, необходимого для восстановительных металлургических процессов на основе водорода. Создание такой инфраструктуры требует значительных инвестиций, что серьезно ограничивает внедрение водородных технологий в металлургии.
- Многие низкоуглеродные технологии находятся на стадии разработки или раннего внедрения, что делает их экономически менее привлекательными по сравнению с традиционными технологиями. Высокая стоимость и неопределенность препятствуют инвестициям и масштабному внедрению этих технологий.
- Исследование, разработка и внедрение низкоуглеродных технологий на национальном уровне сталкиваются с нехваткой финансирования, что ограничивает прогресс в адаптации технологий, специфичных для металлургического сектора.
- Слабая инновационная экосистема создает дополнительные препятствия для разработки и внедрения новых технологий в металлургии. Недостаток финансирования, ограниченные исследования и слабое сотрудничество замедляют развитие низкоуглеродных решений. Без устойчивой поддержки инноваций новые технологии сталкиваются с трудностями в продвижении и выходе на рынок.

Разъединенность энергосистемы внутри страны

- Западная зона энергосистемы Казахстана остается изолированной от остальной части страны, а связь между северной и южной зонами энергосистемы является слабой. Эта внутренняя разобщенность препятствует эффективной интеграции возобновляемых источников энергии на национальном уровне. Фрагментация энергосистемы приводит к тому, что воздействие интеграции ВИЭ ограничивается только той частью системы, к

которой они подключены. Это снижает доступность низкоуглеродной электроэнергии для металлургических процессов и усложняет снижение углеродных выбросов.

Возможность корректировки графиков

- В настоящее время тепловые электростанции в Казахстане имеют ограниченные технические возможности для корректировки своих графиков в зависимости от наличия выработки ветровой и солнечной фотоэлектрической энергии. Однако такая гибкость играет ключевую роль в эффективной интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему. Возобновляемые источники энергии по своей природе прерывисты и изменчивы: их выработка зависит от погодных условий и времени суток. Это создает сложности для обеспечения стабильности и надежности энергосистемы. Регулируемые тепловые электростанции, способные адаптировать свои графики, необходимы для балансировки спроса и предложения, что способствует интеграции большего объема ВИЭ в энергосеть Казахстана. Такая гибкость помогает поддерживать стабильность энергосистемы, снижать частоту перебоев, повышать экономическую эффективность и укреплять энергетическую безопасность.

Улавливание и хранение углерода

- Отсутствие полной информации о мощности хранилищ CO₂, геологических подземных участках и их характеристиках создает неопределённость в отношении осуществимости и безопасности технологий улавливания и хранения углерода (УХУ). Недостаток данных ограничивает возможности для планирования и принятия решений, сдерживая инвестиции и развитие решений в области УХУ для металлургического сектора.
- Эффективное улавливание, утилизация или секвестрация выбросов углерода требуют значительных финансовых затрат, а технологии УХУ в Казахстане пока не внедрены. Это является барьером для декарбонизации, так как высокая стоимость и отсутствие внедренных технологий затрудняют реализацию стратегий по сокращению выбросов углерода после сжигания топлива в металлургии. Без таких технологий управление и снижение выбросов углерода становится экономически и технически сложным.

Ограниченный местный технический потенциал

- Зависимость от иностранных технологий и экспертного опыта для декарбонизации процессов в металлургическом секторе является еще одним препятствием, поскольку такая зависимость может приводить к задержкам и увеличению затрат из-за необходимости привлечения внешних ресурсов. Кроме того, это создает риски, связанные с пробелами в местных знаниях и ограничением контроля над процессом адаптации технологий к специфике страны.

3.1.2 Нормативно-правовые барьеры

Цели по декарбонизации

- Отсутствие юридически обязательных целевых показателей декарбонизации для металлургического сектора является значимой проблемой. В отсутствие таких обязательств сектор не испытывает достаточного нормативного давления или стимулов для внедрения низкоуглеродных технологий. Это замедляет прогресс и снижает уровень инвестиций в меры по сокращению выбросов парниковых газов. Дополнительная информация представлена в публикациях: Monitor Sustainability #02/2024 – “Kazakhstan’s energy transition”²³ и ABDI Working Paper Series – “Toward Hydrogen Economy in Kazakhstan”²⁴
- Существующие нормы выбросов^{25,26} для металлургического сектора могут быть недостаточно строгими, чтобы обеспечить существенное сокращение выбросов парниковых газов. Если нормы выбросов не создают достаточно жестких требований, металлургический сектор не видит необходимости активно инвестировать и внедрять передовые низкоуглеродные технологии. Такая мягкость стандартов препятствует прогрессу в достижении целей декарбонизации.

Интеграция возобновляемых источников энергии

- Несовершенство нормативно-правовой базы и препятствия для интеграции возобновляемых источников энергии, необходимых для низкоуглеродных металлургических процессов, создают сложности. Такие барьеры могут задерживать развертывание необходимой инфраструктуры чистой энергии и вызывать неопределённость для потенциальных инвесторов.
- Несмотря на постоянное снижение стоимости производства электроэнергии из возобновляемых источников, ВИЭ пока не могут конкурировать по себестоимости с угольными и гидроэлектростанциями, находящимися в собственности крупных горнодобывающих компаний.
- Из всех видов ВИЭ только ветроэлектростанции являются конкурентоспособными по стоимости производства электроэнергии. Однако их применение ограничено необходимостью круглосуточной работы критически важного горно-обогатительного оборудования, от которого зависят производительность и безопасность горно-обогатительных процессов.

²³ <https://www.kas.de/documents/d/guest/monitor-sustainability-kazakhstan>

²⁴ <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/836516/adbi-wp1344.pdf>

²⁵ <https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/environmental-law-2024/kazakhstan/trends-and-developments>, Law and Practice - раздел 14.2

²⁶ State regulation of greenhouse gases in the Republic of Kazakhstan, ECOJER, 2024

- Значительная часть оборудования для добычи полезных ископаемых и производства металлов, включая однозабойные системы, вентиляционные системы, насосы и обогатительные фабрики, должна функционировать без перерывов для поддержания рабочего процесса. Внезапные остановки оборудования не только снижают производительность, но и создают серьезные риски для безопасности, такие как блокировка шахтеров в шахтах или обрушение конструкций. Перебои в работе вентиляционных систем могут привести к опасному накоплению газов, что представляет угрозу для жизни шахтеров.
- Высокая долговая нагрузка горнодобывающих компаний также является препятствием для внедрения ВИЭ. В случае с ВИЭ тарифы на подачу слишком низкие, а период окупаемости слишком долгий. В случае с углем окупаемость короткая, а производство электроэнергии стабильное. В случае с ВИЭ производство электроэнергии менее предсказуемо²⁷. Существенные финансовые обязательства и задолженности большинства действующих компаний, включая мелких игроков, ограничивают их способность осуществлять значительные инвестиции за пределами своей основной деятельности. В результате, с точки зрения привлечения заемного капитала, компании предпочитают вкладывать средства в расширение существующих энергетических активов и доведение их до установленной мощности, нежели реализовывать новые проекты ВИЭ.
- Развитию ВИЭ препятствуют дисбаланс в энергосистеме, нехватка маневренных мощностей, зависимость от соседних стран, износ оборудования традиционных электростанций и изолированность внутренних зон энергосистемы.
- Металлургическим компаниям Казахстана приходится сталкиваться с серьезными трудностями при переходе на возобновляемые источники энергии. Высокие тарифы, нестабильность поставок энергии от объектов ВИЭ и значительная долговая нагрузка делают интеграцию ВИЭ в металлургический сектор крайне сложной и экономически невыгодной.
- Существующие правила возлагают на разработчиков проектов (металлургические компании) ответственность за балансировку выработки возобновляемой энергии. Это создает значительное финансовое бремя, так как компании вынуждены устанавливать газовые балансирующие станции или аккумуляторные батареи для балансировки, что значительно увеличивает общую стоимость проектов.

Система торговли квотами на выбросы

- Система торговли углеродными единицами в Республике Казахстан состоит из первичного и вторичного углеродных рынков. На первичном рынке оператор системы торговли углеродными единицами продает единицы углеродной квоты из соответствующей резервной категории Национального плана квот на условиях аукциона. На вторичном

²⁷ [Qazaq Green |Новости отрасли |Преодоление препятствий: почему лидеры горнорудной отрасли не спешат с переходом на возобновляемые источники энергии?](#)

углеродном рынке субъекты покупают и продают углеродные единицы между собой посредством прямой сделки или через товарную биржу.²⁸

- Отсутствует конкурентный рынок для системы торговли выбросами (СТВ), что позволяет компаниям легко обмениваться углеродными квотами без каких-либо денежных операций. Это создает барьер для декарбонизации, поскольку отсутствие рыночной конкуренции в СТВ снижает экономические стимулы для сокращения выбросов. Низкое давление на стоимость уменьшает мотивацию компаний к инвестициям в низкоуглеродные технологии.
- В СТВ существуют значительные недостатки, такие как отсутствие обязательных сокращений выбросов²⁵ и неэффективность установленных лимитов. Текущие цены на углерод слишком низкие, чтобы стимулировать значительные инвестиции в низкоуглеродные технологии для металлургического сектора.
- Отсутствует надежный механизм ценообразования на углерод, который бы учитывал экологические затраты на выбросы. Это снижает экономические стимулы для компаний к сокращению выбросов и препятствует реализации эффективных мер по декарбонизации.
- Выбросы парниковых газов от автотранспорта, используемого внутри предприятий металлургических компаний, не учитываются в действующей СТВ. Это создает препятствие для декарбонизации, так как такие выбросы вносят значительный вклад в общий углеродный след предприятий.

Более подробная информация представлена в статье “Kazakhstan – Carbon Credits – A Tool To Control Greenhouse Gas Emissions”²⁹.

Интеграция в региональные организации

- С 2025 года начнет действовать Единый электроэнергетический рынок стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС), на котором выбросы парниковых газов не регулируются. Нерегулируемые выбросы парниковых газов могут привести к блокированию углеродных рынков в регионе, поскольку такие выбросы позволяют металлургическим компаниям продолжать практики высоких выбросов без финансовых санкций или обязательств по внедрению более чистых технологий.

Передача технологий

- Правовые барьеры, связанные с правами на интеллектуальную собственность, ограничивают передачу низкоуглеродных технологий. Такие ограничения затрудняют доступ к ключевым технологиям, необходимым для декарбонизации металлургического сектора, замедляя их внедрение. Без возможности широко распространять или

²⁸ [Qazaq Green | Экспертное мнение | Углеродные кредиты - один из инструментов борьбы с выбросами парниковых газов](#)

²⁹ [Kazakhstan - Carbon Credits - A Tool To Control Greenhouse Gas Emissions. - Conventus Law](#)

лицензировать эти технологии компании сталкиваются с более высокими затратами и увеличением сроков перехода к устойчивым практикам.

Разрозненная нормативная база

- Дублирование обязанностей и отсутствие координации между различными регулирующими органами приводит к неэффективности. Это создает противоречивые требования, усложняет реализацию политики и вызывает неясность у металлургических компаний. Такая раздробленность затрудняет соблюдение требований, замедляет или усложняет усилия компаний по внедрению эффективных мер декарбонизации.
- Отсутствие четких и долгосрочных политических обязательств, направленных на декарбонизацию именно в металлургическом секторе, подрывает доверие инвесторов. Это ограничивает возможности привлечения финансирования, необходимого для реализации проектов по сокращению выбросов парниковых газов.

Мониторинг и отчетность

- Неадекватные системы мониторинга и отчетности препятствуют эффективному применению нормативных актов. Это усложняет точное отслеживание выбросов и проверку соблюдения требований. Отсутствие достоверных данных ослабляет правоприменение и подотчетность, не позволяя металлургическим компаниям эффективно снижать углеродный след и добиваться значимой декарбонизации.
- Существующие пробелы и барьеры в планировании, мониторинге и отчетности по адаптации к изменению климата в Казахстане включают недостаточную институциональную и техническую поддержку для интеграции вопросов адаптации в отраслевые и местные планы развития, отсутствие постоянной межведомственной и межрегиональной платформы для обсуждения вопросов адаптации, нехватку перечней актуальной климатической информации, а также фрагментарные и устаревшие оценки уязвимости. Кроме того, существует острая необходимость гармонизации методов сбора, анализа и документирования климатических данных, а также подготовленного персонала (как по количеству, так и по опыту) для достижения целей адаптации.
- Постановлением Правительства Республики Казахстан от 29 июля 2020 года № 479 "О Плана мероприятий по реализации Концепции перехода Республики Казахстан к 'зелёной экономике' на 2021-2030 годы" установлена система ежегодного мониторинга и отчетности по реализации Плана действий на 2021-2030 годы. Аналогичный механизм планируется создать для мониторинга выполнения Дорожной карты по реализации Определяемого на национальном уровне вклада Республики Казахстан (ОНУВ) после ее утверждения. Оценка выполнения Дорожной карты по реализации ОНУВ будет проводиться каждые пять лет, что обеспечит возможность планирования корректировок и принятия дальнейших мер. Успех реализации будет оцениваться с использованием набора показателей, специфичных для каждого сектора. Помимо ежегодных отчетов, представляемых органами

государственного управления, планируется использовать, где возможно, научные данные для повышения качества оценки и принятия решений.

3.1.3 Экономические барьеры

Контекст

- В Казахстане низкие цены на электроэнергию и большое количество угля, что усложняет отказ от использования угля для производства электроэнергии и повышение цен на электроэнергию, необходимых для интеграции возобновляемых источников энергии. Такая зависимость от дешевой углеродоемкой энергии ограничивает финансовые стимулы для инвестиций в возобновляемые источники энергии и экологически чистые технологии в металлургии.
- Из-за относительно высокой стоимости низкоуглеродных альтернативных источников энергии по сравнению с традиционной генерацией на основе ископаемого топлива компании склонны выбирать менее затратные варианты, что сдерживает переход на более экологичные технологии.
- Экономика Казахстана в значительной степени зависит от металлургического сектора, что затрудняет внедрение изменений, которые могут нарушить производство или повлиять на занятость. Это усложняет реализацию радикальных инноваций и ограничивает готовность к внедрению значительных трансформаций.

Рыночный спрос

- Неопределённость рыночного спроса на низкоуглеродную металлургическую продукцию сдерживает инвестиции, поскольку увеличивает финансовые риски для компаний. В условиях отсутствия четкого и стабильного спроса компании неохотно вкладываются в дорогостоящие, более экологически чистые технологии.
- Ограниченный спрос на низкоуглеродную металлургическую продукцию, который преимущественно наблюдается в ЕС и касается в основном алюминия, снижает экономические стимулы для внедрения более чистых технологий. Недостаточный спрос может привести к увеличению затрат и снижению рентабельности низкоуглеродных решений, что затрудняет их широкое применение.

Субсидии на ископаемое топливо

- Субсидии на производство электроэнергии на угле увеличивают ценовой разрыв между традиционной и возобновляемой энергетикой. Этот разрыв затрудняет металлургическим компаниям инвестиции в возобновляемые источники энергии и более чистые технологии из-за их сравнительно высоких затрат.

- Субсидии на производство ископаемого топлива снижают эффективность усилий по внедрению мер энергоэффективности, так как они стимулируют перепотребление субсидируемых ресурсов. Дешевая электроэнергия, обеспечиваемая за счет субсидий, уменьшает стимулы для металлургических заводов экономить энергию или использовать ее более эффективно, что в долгосрочной перспективе приводит к увеличению потребления. К негативным долгосрочным последствиям субсидирования относятся финансовая нагрузка на государство, рыночные искажения, рост воздействия на окружающую среду из-за чрезмерного потребления, несправедливое распределение выгод, экономическая неэффективность, упущенные альтернативные возможности, политические сложности и вводящие в заблуждение ценовые сигналы.

Большой объем необходимых инвестиций

- Согласно обновленному ОНУВ Казахстана (2021), для реализации мер по декарбонизации всей экономики, включая переход на наилучшие доступные технологии (НДТ), повышение энергоэффективности и строительство объектов возобновляемой энергетики, к 2030 году потребуются 293,5 млрд долларов США³⁰. Это представляет значительную проблему, так как привлечь столь крупные объемы финансирования будет крайне сложно.
- Для достижения углеродной нейтральности во всей экономике Казахстана к 2060 году потребуются дополнительно 666,5 млрд долларов США. При этом почти половина этой суммы – 305 млрд долларов США – понадобится для сектора производства тепла и электроэнергии³¹. Привлечение таких масштабных инвестиций остается серьезным препятствием.
- Декарбонизация требует значительных капиталовложений в НДТ, повышение энергоэффективности и строительство объектов возобновляемой энергетики. Эти мероприятия являются высокочрезвычайными и требуют устойчивых финансовых механизмов для реализации.
- Переход экономики на низкоуглеродные технологии может сопровождаться значительными затратами, включая расходы на переобучение персонала, модификацию предприятий и возможные краткосрочные потери в производстве.
- Многие низкоуглеродные энергетические системы, включая некоторые виды возобновляемых источников энергии, меры по повышению энергоэффективности, водородные технологии и технологии УХУ, остаются дорогостоящими. Это может сделать металлургические компании неконкурентоспособными. Высокая стоимость создания новой инфраструктуры для ВИЭ и водорода также представляет собой существенное препятствие.

³⁰ Азиатско-Тихоокеанская энергетика, 2015. Казахстан: Определяемый на национальном уровне вклад. <https://policy.asiapacificenergy.org/node/2409>

³¹ DIW Econ, 2022. Казахстан: На пути к нулевому углеродному балансу к 2060 году

Глобальные рынки

- Колебания мировых цен на металлы оказывают влияние на рентабельность металлургического сектора, что усложняет обоснование и обеспечение долгосрочных инвестиций в декарбонизацию. Такая нестабильность создает значительные риски для реализации крупных экологических проектов.
- Глобальная конкуренция и высокая чувствительность к ценам в металлургическом секторе делают баланс между необходимостью декарбонизации и поддержанием конкурентоспособности на мировом рынке особенно сложным.

3.1.4 Финансовые барьеры

Высокие капитальные затраты

- Высокая первоначальная стоимость (CAPEX) низкоуглеродных энергетических систем в сравнении с системами на основе ископаемого топлива значительно затрудняет возможность инвестирования в такие технологии.
- Неопределённость, связанная с рентабельностью инвестиций (ROI) в новые технологии, удерживает компании от осуществления крупных капиталовложений. Такая неопределённость заставляет компании избегать значительных инвестиций, поскольку финансовые риски, связанные с внедрением инновационных низкоуглеродных решений, остаются препятствием для их реализации.

Финансирование

- Отсутствие доступа к дешевым кредитам для низкоуглеродных проектов и недостаточные стимулы для возобновляемой энергетики, в то время как "коричневые" активы получают доступ к гарантиям и финансированию с потенциально более низкой процентной ставкой. Это препятствует развитию низкоуглеродных проектов, делая их финансирование более дорогим и менее привлекательным.
- Отсутствие учета климатических критериев и целей устойчивого развития в бюджетном процессе создает дополнительные риски финансирования и приводит к игнорированию экономических преимуществ систем ВИЭ.
- Ограниченная доступность "зелёных" облигаций, займов и других финансовых инструментов, специально разработанных для поддержки низкоуглеродных проектов в металлургическом секторе, является значительным препятствием. Нехватка таких финансовых продуктов ограничивает доступ к необходимому финансированию для декарбонизации, увеличивая стоимость и сложность внедрения устойчивых технологий.

- Сложность подачи заявки на получение "зелёного" финансирования может стать сдерживающим фактором для компаний из-за ресурсоемких процессов и строгих требований. Это препятствие, так как бюрократическое бремя может значительно сдерживать инвестиции в низкоуглеродные технологии.
- Наличие долгосрочного финансирования является ключевым для реализации крупномасштабных инфраструктурных проектов, однако его зачастую недостаточно. Нехватка таких средств ограничивает возможности финансирования масштабных проектов, необходимых для декарбонизации. Без доступа к долгосрочному капиталу металлургическим компаниям сложно инвестировать в значительные преобразующие технологии.
- Отсутствие достаточных источников финансирования для инвестиций в низкоуглеродную энергетику и масштабные проекты повышения энергоэффективности.
- Финансовые институты часто рассматривают инвестиции в новые низкоуглеродные технологии как высокорискованные, что снижает их готовность предоставлять финансирование. Инвестиции в возобновляемую энергетику или низкоуглеродные технологии для металлургии в основном поступают из частного сектора, в частности от разработчиков проектов. Эти компании обычно получают средства через коммерческие банковские кредиты.
- Высокая волатильность национальной валюты и несовершенство существующего механизма индексации для проектов возобновляемой энергетики являются дополнительными значительными препятствиями. В результате валютные риски инвесторов компенсируются не полностью, что сдерживает приток инвестиций в сектор возобновляемой энергетики.

Высокая стоимость капитала и длительный период окупаемости

- Недостаток четкой информации об эффективности и рисках ряда низкоуглеродных энергетических решений приводит к тому, что кредиторы закладывают высокую премию за риск. Это значительно увеличивает стоимость финансирования декарбонизационных проектов, снижая их привлекательность для металлургических компаний.
- Длительный период окупаемости инвестиций в низкоуглеродные технологии становится серьезным препятствием для компаний, ориентированных на быструю прибыль. Такие сроки делают проекты менее конкурентоспособными по сравнению с альтернативами, обеспечивающими более быстрые финансовые результаты.

Недостаточная государственная поддержка и стимулы

- Ограниченное количество государственных субсидий и грантов на исследования, разработки и внедрение низкоуглеродных технологий затрудняет металлургическим компаниям возможность инвестировать в инновации и масштабировать их применение.

- Отсутствие эффективных налоговых льгот для стимулирования инвестиций в возобновляемую энергетику и энергоэффективные технологии снижает их финансовую привлекательность. Это создает дополнительные барьеры, так как без таких стимулов компании сталкиваются с более высокими затратами и меньшей доходностью инвестиций в устойчивые технологии.

Международная поддержка и сотрудничество

- Доступ к международному климатическому финансированию, включая такие источники, как Зелёный климатический фонд (ЗКФ, GCF) и другие глобальные инициативы, остается затруднительным. Это создает значительное препятствие, поскольку GCF является одним из ключевых поставщиков финансирования низкоуглеродных технологий на мировом уровне.
- Ограниченное сотрудничество между национальными и международными заинтересованными сторонами в финансировании низкоуглеродных проектов приводит к разрозненным усилиям и упущенным возможностям совместного финансирования. Отсутствие координации мешает объединению ресурсов и обмену опытом, которые необходимы для успешной и эффективной декарбонизации.

3.1.5 Барьеры, связанные с политикой и механизмами стимулирования

Политика декарбонизации в металлургическом секторе

- Отсутствие четкой и комплексной политики по декарбонизации металлургического сектора. В Казахстане пока не разработана единая климатическая политика, направленная специально на нужды металлургической отрасли.
- Недостаточные целевые показатели по сокращению выбросов в металлургическом секторе затрудняют реализацию целенаправленных и эффективных действий.
- Неопределенность долгосрочной политики в отношении обязательств по декарбонизации и интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему создает дополнительные риски для бизнеса. Такая неопределенность сдерживает компании от инвестиций в дорогостоящие низкоуглеродные технологии и может привести к задержкам в реализации необходимых мер по декарбонизации.

Механизмы стимулирования декарбонизации в металлургическом секторе

- Отсутствие фискальных и финансовых механизмов стимулирования декарбонизации в металлургическом секторе. Например, в рамках существующей системы торговли выбросами компании могут бесплатно запросить дополнительные разрешения на выбросы из резерва, что снижает мотивацию к сокращению выбросов.

- Недостаток финансовых стимулов, таких как налоговые льготы, субсидии или гранты, для поддержки компаний, внедряющих низкоуглеродные технологии в металлургическом секторе.
- Существующие стимулы часто плохо разработаны или недостаточно эффективно ориентированы на металлургический сектор. Специальных механизмов поддержки, учитывающих потребности этой отрасли, не существует.
- Тепловые электростанции в Казахстане не имеют экономических стимулов для корректировки своих графиков работы в зависимости от наличия ветровой и солнечной энергии. Это создает серьезный барьер для развития переменных ВИЭ в стране, поскольку финансовое бремя полностью ложится на операторов станций ВИЭ. Разработчикам проектов в области возобновляемой энергетики приходится дополнительно устанавливать балансирующие мощности, такие как газовые электростанции или аккумуляторные батареи, что значительно увеличивает стоимость реализации проектов в сфере ВИЭ.

Штрафные санкции

- Отсутствие четко определенных финансовых санкций за отказ от декарбонизации создает препятствия для продвижения низкоуглеродных решений. Недостаток таких санкций снижает непосредственный финансовый стимул для компаний вкладываться в чистые технологии, ослабляя давление, направленное на внедрение низкоуглеродных решений.

3.1.6 Барьеры, связанные с наличием сырья

Вода

- Дефицит воды является одной из ключевых проблем, поскольку металлургические процессы требуют значительного ее объема. Вода, как ресурс первой необходимости, должна в приоритетном порядке использоваться для санитарии, питьевых нужд, сельского хозяйства и других критически важных отраслей. Недостаток воды может негативно отразиться на металлургической промышленности.
- Казахстан не обладает значительным потенциалом гидроэнергетики, который мог бы внести существенный вклад в развитие регулируемой возобновляемой энергетики в стране.

Природный газ

- Риск нехватки природного газа. Увеличение поставок природного газа является важным условием для сокращения выбросов углекислого газа, особенно при переходе от угольной генерации к газовой. Однако Казахстан сталкивается с трудностями в добыче достаточного объема газа для удовлетворения внутренних потребностей. Проблема не в отсутствии природного газа как ресурса, а в существующей структуре рынка. С советских времен сохраняются жесткие ограничения на цены для потребителей, из-за чего производители

газа не могут получать прибыль. В результате природный газ часто продается в убыток, главным образом нефтедобывающим компаниям, которые используют его как побочный продукт при добыче нефти.³²

Глобальная конкуренция за сырьевые ресурсы

- Увеличение глобального спроса на сырьевые ресурсы может привести к их дефициту и росту цен. Это создает трудности в обеспечении стабильных поставок, что, в свою очередь, затрудняет реализацию долгосрочных производственных и декарбонизационных планов.

Цепочки поставок

- Геополитическая напряженность и торговые ограничения могут нарушить цепочки поставок ключевых видов сырья, что негативно сказывается на их доступности и стабильности поставок.
- В Казахстане могут отсутствовать стратегические запасы критического сырья, что может привести к дефициту поставок и увеличению затрат на внедрение низкоуглеродных технологий. Такой дефицит затрудняет своевременное получение необходимых компонентов для реализации проектов декарбонизации.
- Обеспечение устойчивого и этичного снабжения сырьем представляет собой серьезную задачу, так как добыча и переработка полезных ископаемых могут сопровождаться экологическими и социальными последствиями. Это создает дополнительные препятствия для организации справедливых поставок материалов, спрос на которые будет постоянно расти в международном контексте.

Затраты

- Высокая стоимость важнейших видов сырья может увеличить общую стоимость низкоуглеродных технологий, снижая их экономическую привлекательность для металлургического сектора.

Волатильность цен

- Волатильность цен на мировом рынке сырьевых материалов создает финансовую неопределенность и риски для компаний, планирующих инвестиции в декарбонизацию.

Переработка

- Неразвитая инфраструктура для переработки и повторного использования важнейших видов сырья усиливает зависимость от первичных материалов, что увеличивает воздействие

³² Мир природного газа, 2022. Газовая дилемма Казахстана. <https://www.naturalgasworld.com/kazakhstan-gas-dilemma-gas-in-transition-102539>

на окружающую среду и затраты. Это препятствует внедрению устойчивых практик и технологий.

Правила

- Непоследовательные или нечеткие нормативные акты, регулирующие добычу, импорт и использование сырья, могут создавать неопределенность и затруднять привлечение инвестиций.
- Соблюдение экологических норм и получение необходимых разрешений на добычу полезных ископаемых требует значительных временных и финансовых затрат.

3.1.7 Барьеры, связанные с навыками, знаниями и потенциалом рабочей силы

Пробелы в осведомленности, опыте или навыках

- Нехватка квалифицированных специалистов, обладающих знаниями в области низкоуглеродных технологий и специфических процессов металлургического сектора, ограничивает возможности для эффективного внедрения и управления новыми процессами декарбонизации. Этот дефицит замедляет внедрение передовых технологий и препятствует прогрессу в сокращении выбросов парниковых газов.
- Недостаточная осведомленность и понимание передового международного опыта в области декарбонизации среди заинтересованных сторон в отрасли мешают применению проверенных и эффективных стратегий. Такие пробелы в знаниях приводят к неоптимальной практике и упущенным возможностям для внедрения улучшений.
- Ограниченное сотрудничество между промышленностью и научными кругами создает разрыв между навыками, которым обучают в учебных заведениях, и требованиями реального производства. Это препятствует подготовке специалистов, способных удовлетворить потребности отрасли в условиях перехода к низкоуглеродным технологиям.

Новейшие технические достижения и НИОКР

- Значительная часть рабочей силы может нуждаться в переквалификации и обучении новейшим техническим решениям для декарбонизации металлургического сектора. Это создает барьер, так как компании сталкиваются с необходимостью значительных временных и финансовых ресурсов для организации такого обучения.
- Недостаточная научно-исследовательская инфраструктура и ограниченный потенциал металлургического сектора для внедрения инноваций и разработки низкоуглеродных технологий. Финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на декарбонизацию, остается недостаточным.

- Ограниченный местный потенциал для проведения исследований и разработок в области передовых металлургических технологий затрудняет внедрение инноваций.

Предоставление услуг

- В стране может отсутствовать достаточное количество квалифицированных поставщиков решений, энергоаудиторов и других специалистов. Необходимость импорта таких услуг из-за рубежа приводит к росту затрат.

Справедливый переход

- Потеря рабочих мест в угольном секторе требует мер для переподготовки и возвращения людей на рынок труда.
- Опасения по поводу безопасности рабочих мест из-за внедрения новых технологий могут вызывать социальные напряжения. Эти опасения способны замедлить принятие низкоуглеродных технологий из-за сопротивления со стороны работников и общества.

Образование

- Традиционные программы обучения и подготовки кадров часто не обеспечивают целостного набора знаний, необходимых для эффективной декарбонизации. Это создает барьер, так как пробелы в образовании мешают внедрению передовых низкоуглеродных технологий.
- Слабая институциональная поддержка развития рабочей силы в области низкоуглеродных технологий и необходимых навыков.
- Ограниченные возможности для студентов и молодых специалистов получить практический опыт через стажировки и практику препятствуют развитию навыков, необходимых для работы с низкоуглеродными технологиями.
- Отсутствие комплексной политики, направленной на стимулирование или обязательное повышение квалификации в контексте декарбонизации, усложняет подготовку специалистов, способных внедрять эффективные решения.

3.1.8 Социально-экономические барьеры

Сопротивление общества

- Возможное сопротивление общества замене угольной генерации в муниципалитетах, где угольные станции также обеспечивают централизованное теплоснабжение для местного населения.

- Сопротивление изменениям со стороны персонала и руководства из-за давней зависимости от традиционных металлургических процессов.
- Отрицательное отношение к изменениям, вызванное непониманием преимуществ декарбонизации.

Справедливый переход

- Сложности в управлении переходом к низкоуглеродной модели таким образом, чтобы он был логичным, разумным, приемлемым и экономически эффективным.

Осведомленность и вовлеченность

- Недостаточная осведомленность и вовлеченность заинтересованных сторон, включая общественность, промышленность и политиков, препятствует успешной реализации инициатив по декарбонизации. Это приводит к снижению давления на внедрение изменений и недостаточной поддержке как со стороны общества, так и политических структур. Без широкой общественной и профессиональной поддержки снижается мотивация для инвестиций в промышленность и разработки соответствующих политик.

4 ПОТЕНЦИАЛ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КАЗАХСТАНА

В климатических рамочных документах Казахстана определены долгосрочные цели по декарбонизации. Эти цели включают снижение энергоемкости ВВП на 50% к 2050 году по сравнению с уровнем 2008 года, а также увеличение доли альтернативных (низкоуглеродных) источников электроэнергии до 50% к 2050 году.³³

Институциональная основа для сокращения выбросов парниковых газов закреплена в Экологическом кодексе Республики Казахстан³⁴, который предусматривает сокращение углеродного баланса (чистых выбросов углерода) к 2030 году не менее чем на 15% по сравнению с уровнем 1990 года. Казахстан также поставил цель достичь углеродной нейтральности в масштабах всей экономики к 2060 году, как указано в Стратегии по достижению углеродной нейтральности³⁵. Для достижения этих целей потребуются значительные инвестиции, политическая поддержка и активное сотрудничество между правительством, промышленными предприятиями и международными партнерами.

Промышленный сектор, включая металлургию, играет ключевую роль в экономике Казахстана. Самыми крупными отраслями в общем объеме промышленного производства являются цветная металлургия (25%), пищевая промышленность (22%) и черная металлургия (18%). Металлургия, составляющая 43% всей обрабатывающей промышленности страны, является одним из наиболее значимых секторов. С точки зрения выбросов парниковых газов доля металлургии составляет 58% от общего объема выбросов, связанных с промышленными процессами и использованием продукции.

Выбросы углекислого газа

Немецкий институт экономических исследований (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, DIW Econ) разработал и опубликовал в рамках проекта GIZ документ под названием "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и

³³ Министерство экологии и природных ресурсов, 2023. Обновленный определяемый на национальном уровне вклад Республики Казахстан в глобальное реагирование на изменение климата. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-06/12updated%20NDC%20KAZ_Gov%20Decree313_19042023_en_cover%20page.pdf

³⁴ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2021. Экологический кодекс Республики Казахстан <https://adilet.zan.kz/eng/docs/K070000212>

³⁵ Министерство юстиции Республики Казахстан, 2023 год. Утверждение стратегии достижения углеродной нейтральности Казахстана до 2060 года. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U2300000121>

проблемы"³⁶. В этом документе представлены модели выбросов металлургического сектора в рамках двух сценариев: "Бизнес как обычно" (BAU) и "Нулевой углеродный баланс выбросов и поглощений" (NZE) с прогнозом на 2030, 2040, 2050 и 2060 годы. Расчетные выбросы от сжигания топлива в металлургическом секторе представлены в Таблице 1.

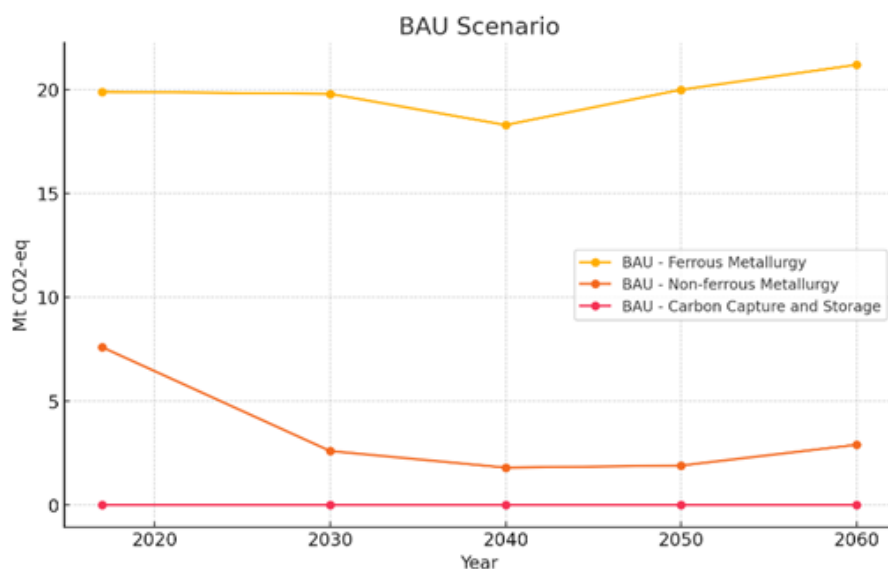
Таблица 1: Выбросы от сжигания топлива в металлургическом секторе и УХУ, млн т CO₂-экв.

	2017	Сценарий BAU				Сценарий NZE			
		2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Черная металлургия	19.9	19.8	18.3	20.0	21.2	9.8	1.8	1.9	0.9
Цветная металлургия	7.6	2.6	1.8	1.9	2.9	2.1	1.5	0.9	0.4
Улавливание и хранение углерода	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.3	-4.6	-3.3

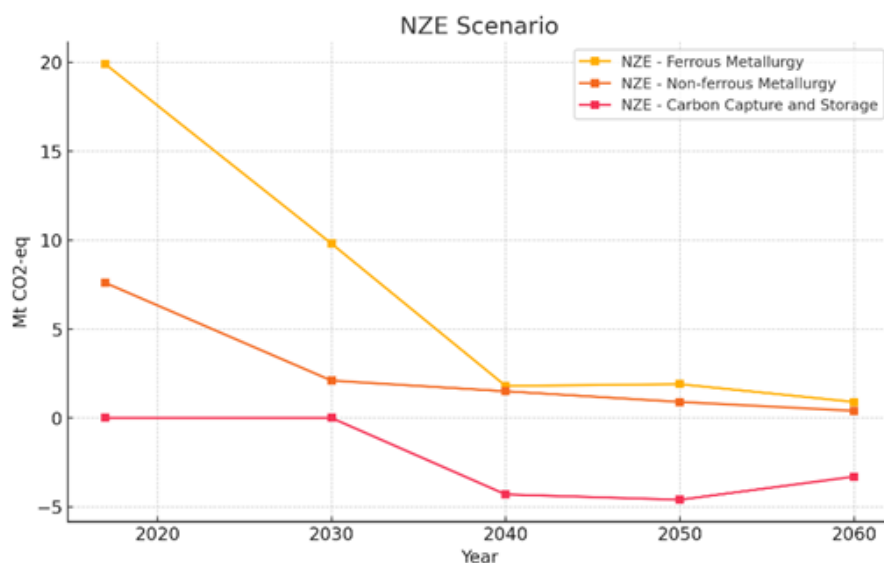
Источник: DIW Esop - "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и проблемы"

Рисунок 1 ниже показаны данные, включенные в Таблица 1 в виде линейных графиков, как для сценария BAU, так и для сценария NZE.

Рисунок 1: Выбросы парниковых газов в металлургическом секторе от сжигания топлива (сценарии BAU и NZE)



³⁶ DIW, 2023. Казахстан: Пути декарбонизации для достижения углеродной нейтральности к 2060 году - возможности и проблемы



Источник: DIW Econ - "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и проблемы"

В сценарии NZE технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) начнут внедряться с 2030 года. Сокращение выбросов ПГ, представленное в Таблице 1, достигается за счет повышения энергоэффективности в промышленности и изменения энергетического баланса. В рамках сценария с нулевым углеродным балансом уголь постепенно заменяется водородом, электричеством и теплом.

На данный момент общий объем выбросов на один доллар продукции в металлургии составляет 2,33 кг CO₂-экв. *Error! Bookmark not defined.* (последние данные за 2017 год). В "Справочной записке 1 EU СВММ: моделирование воздействия на экономику Казахстана" Всемирного банка³⁷ отмечается, что удельная интенсивность выбросов при производстве цветных металлов (включая алюминий) в Казахстане значительно превышает показатели других стран и составляет 615 т CO₂ на миллион долларов США.

Согласно результатам количественного моделирования выбросов парниковых газов в Казахстане, проведенного GIZ в 2021 году в поддержку разработки стратегии углеродной нейтральности Казахстана до 2060 года, отказ от углеродного и теплового окисления руды (процесса, который генерирует CO₂) является ключевым для декарбонизации металлургического сектора. В производстве алюминия переработка вторичного сырья может снизить спрос на первичный алюминий и уменьшить общие выбросы на 27% к 2050 году по сравнению с сегодняшними показателями, несмотря на ожидаемый рост спроса на алюминиевую продукцию. Использование инертных анодов в плавке может дополнительно сократить прямые (энергетические и

³⁷ Всемирный банк, 2023 год. Отчет о развитии страны и климата Казахстана. Справочная записка 1. EU СВММ: Моделирование воздействия на экономику Казахстана.
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099420011012227804/pdf/P17736909f4ba20b20a09900704fa0830cb.pdf>

технологические) выбросы сектора на 15% относительно базового сценария выбросов, определённого в национальной стратегии углеродной нейтральности.

При производстве стали использование технологии прямого восстановления железа (DRI) на основе природного газа уже позволяет существенно сократить выбросы: на 30% по сравнению с традиционными доменными печами и конвертерным процессом и на 42% по сравнению с технологией DRI на основе угля. Согласно отчету Agora Industry³⁸, технология DRI может быть внедрена уже сегодня и использоваться с постепенным увеличением доли водорода. Кроме того, она дает возможность разделить этапы производства чугуна и стали. Сопряжение процесса DRI с существующими сталеплавильными мощностями, работающими на основной кислородной печи (BOF), позволяет эффективно использовать более низкокачественные железные руды, аналогично будущим технологиям электролиза железной руды. Применение стального лома в сочетании с электродуговыми печами (ЭДП) может снизить углеродоемкость производства стали на 83%, что делает возможным значительное сокращение выбросов даже при росте спроса на сталь. Это связано с тем, что переработка металлолома требует значительно меньше энергии и исключает этап плавки руды, который сопровождается выбросами парниковых газов. Более подробную информацию об использовании лома в сталелитейной промышленности можно найти в информационных материалах Всемирной ассоциации производителей стали³⁹. Использование "зелёного" водорода для DRI в сочетании с электродуговыми печами, работающими на возобновляемых источниках энергии, открывает перспективы для углеродно-нейтрального производства стали.

Технологии улавливания, хранения и утилизации CO₂ будут играть ключевую роль в декарбонизации промышленности. По оценкам, эти технологии могут сократить прямые выбросы на 35% при производстве алюминия и на 60% при производстве стали **Error! Bookmark not defined.** Важно отметить, что многие подходы к декарбонизации промышленных процессов включают модернизацию оборудования и реструктуризацию производства. Это позволяет либо разделить этапы производственного процесса, либо обеспечить простую модернизацию оборудования от низкоуглеродных к безуглеродным процессам (например, переход от использования природного газа к водороду в технологии DRI). Даже если некоторые технологии, такие как DRI на водородном топливе, пока остаются дорогостоящими для отдельных производителей, использование промежуточных решений (например, DRI на природном газе) и усовершенствование процессов создают условия для полного устранения выбросов парниковых газов в этих отраслях в будущем.

Ценообразование на углерод

Ценообразование на выбросы углерода представляет собой экономический инструмент, направленный на стимулирование сокращения выбросов ПГ путем установления стоимости выбросов углекислого газа (CO₂) и других ПГ. Основная идея заключается в интернализации внешних немонетарных издержек выбросов углерода, таких как негативное воздействие на здоровье, ущерб окружающей среде и последствия изменения климата, что позволяет отразить истинную стоимость выбросов углерода в рыночных ценах. Этот механизм играет ключевую роль в

³⁸ Agora Industry, 2024. Низкоуглеродные технологии для глобальной трансформации производства стали. <https://www.agora-industry.org/publications/low-carbon-technologies-for-the-global-steel-transformation>

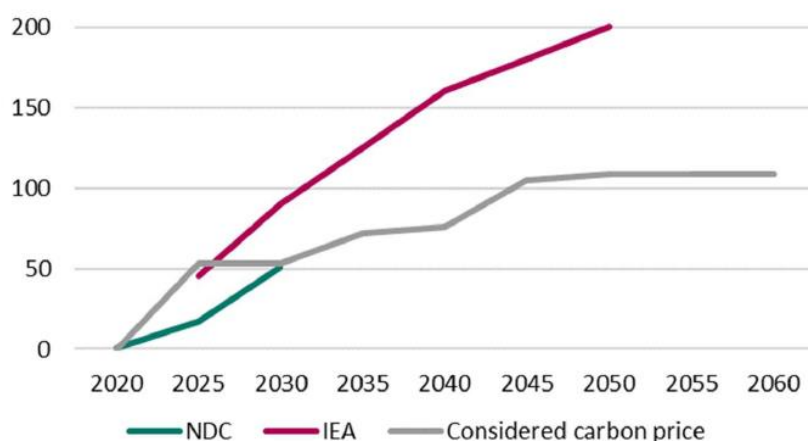
³⁹ Мировая сталь, 2023 год. Информационные бюллетени - мировая сталь. <https://worldsteel.org/publications/fact-sheets/>

декарбонизации, поскольку создает финансовый стимул для снижения выбросов ПГ в металлургической промышленности и других отраслях с высоким уровнем эмиссий. Ценообразование на углерод выравнивает экономические стимулы с экологическими целями, способствуя внедрению низкоуглеродных технологий и практик. Сделав стоимость углерода явной, этот инструмент стимулирует системные изменения во всех секторах промышленности и экономики, ускоряя переход к устойчивым моделям производства и потребления.

В 2024 году цена на углерод в казахстанской системе торговли выбросами составит около 1 евро за т CO₂ (1,07 доллара США за т CO₂). Такая цена слишком низка, чтобы эффективно стимулировать инвестиции, например, в низкоуглеродную энергетику и возобновляемые источники энергии. В обновленном варианте Определяемого на национальном уровне вклада (ОНУВ) Казахстана предложено увеличить цену на углерод в СТВ до 15 евро за т CO₂ (16,03 доллара США за т CO₂) в 2023 году и до 45 евро за т CO₂ (48,08 доллара

На рис. 2 ниже представлены три различных траектории оценки цены на углерод: прогноз Международного энергетического агентства (МЭА) для стран с формирующимся рынком и развивающихся экономик, план ОНУВ Казахстана до 2030 года, а также минимальная цена на углерод, необходимая для того, чтобы рынок предпочел декарбонизацию продолжению сценария "бизнес как обычно" (BAU) с точки зрения системных затрат⁴⁰. Как видно, план ОНУВ Казахстана предусматривает достижение "рассматриваемой цены на углерод" (то есть уровня, при котором декарбонизация становится более выгодной, чем сценарий BAU) к 2030 году. Этот уровень оценивается примерно в 50 долларов США за т CO₂.

Рисунок 2: Цена на углерод (ОНУВ и МЭА) и предлагаемая цена на углерод, USD / т CO₂



Источник: "Казахстан: На пути к углеродной нейтральности к 2060 году - концепция финансирования". DIW Econ (2022)

Анализ показывает, что после 2025 года цена на углерод в рамках ОНУВ достигнет уровня, необходимого для стимулирования декарбонизации, составляющего около 50 долларов США за тонну CO₂. Это указывает на то, что даже цена на углерод, которая будет ниже прогноза

⁴⁰ DIW, 2022. Казахстан: На пути к нулевому углеродному балансу к 2060 году – Концепция финансирования

Международного энергетического агентства (МЭА), окажется достаточной, чтобы сделать путь к чистому нулю в энергетическом секторе более привлекательным, чем продолжение сценария "бизнес как обычно". К 2030 году цена на углерод приблизится к уровню, предусмотренному ОНУВ, и будет продолжать постепенно расти, обеспечивая достижение реалистичных долгосрочных целей по ценообразованию на углерод для энергетического сектора Казахстана. К 2050 году цена достигнет 109 долларов США за тонну CO₂, что на 50% ниже прогноза МЭА.

Энергоемкость

Энергоемкость металлургического сектора постепенно снижается благодаря модернизации или замене устаревшего оборудования, что способствует повышению энергоэффективности. Исследование "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и проблемы" иллюстрирует основные тенденции, которые представлены в Таблице 2.

Таблица 2: Энергоемкость (на доллар выпуска) металлургии, МДж/USD.

	2017	Сценарий BAU				Сценарий NZE			
		2030	2040	2050	2060	2030	2040	2050	2060
Черная металлургия	28.1	21.6	19.0	19.7	19.9	18.8	14.8	15.9	15.4
Цветная металлургия	5.7	4.7	3.8	3.9	4.2	4.6	3.1	2.7	2.6

Источник: DIW Esop - "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и проблемы"

4.1 ГОРИЗОНТ 2030 ГОДА

Ценообразование на углерод: Согласно Рисунку 2 выше, к 2030 году цена на углерод должна составлять 50 USD/т CO₂ в "рассматриваемом сценарии цен на углерод", чтобы сделать декарбонизацию металлургического производства экономически выгоднее, чем сохранение сценария BAU (бизнес как обычно). Эта цель соответствует плану Казахстана, изложенному в ОНУВ. Для достижения данной цены необходимо, чтобы стоимость углерода выросла с текущего уровня (1,07 USD/т CO₂ в 2024 году) до 50 USD/т CO₂ всего за шесть лет, что представляет собой значительный и резкий рост – почти в 50 раз. Однако текущая цена на углерод в Казахстане (около 1,07 USD/т CO₂ в 2024 году) значительно ниже запланированной в ОНУВ на тот же год (15–20 USD/т CO₂). Это демонстрирует разрыв между реальным положением дел и целевыми показателями, установленными для обеспечения устойчивого перехода.

Энергоэффективность: Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) и реализация мер по повышению энергоэффективности должны стать приоритетом для металлургической промышленности Казахстана к 2030 году. Все ключевые меры и мероприятия, связанные с повышением энергоэффективности, детально описаны в разделе 6 ниже.

Возобновляемые источники энергии: Максимальное увеличение использования ВИЭ в металлургической промышленности может включать строительство или инвестирование в новые

солнечные, ветряные, биоэнергетические и гидроэлектростанции для обеспечения энергией металлургических заводов. Развитие сектора возобновляемой энергетики также приведет к росту спроса на металлы, такие как медь, литий, никель и неодим, которые необходимы для производства солнечных батарей, аккумуляторов и ветряных турбин. Это создает дополнительные возможности для Казахстана, обладающего значительными минеральными ресурсами.

Электрификация: Основная цель электрификации – декарбонизация металлургических процессов за счет замены ископаемого топлива на электроэнергию из возобновляемых источников. Например, в производстве алюминия, где ключевым процессом является электролиз, переход на использование возобновляемой электроэнергии может значительно сократить выбросы. Казахстан имеет потенциал для эффективного использования своих гидроресурсов и ВИЭ для промышленности.

Потенциал возобновляемых источников энергии в Казахстане представлен в текстовом блоке 1.

Текстовый блок 1. Возобновляемые энергетические ресурсы в Казахстане

Ниже представлен обзор ресурсов и потенциала возобновляемых источников энергии в Казахстане по основным технологиям, основанный на материалах USAID (2022) ⁴¹.

Энергия ветра

- Ветроэнергетика обладает наибольшим потенциалом среди всех ВИЭ в Казахстане. Примерно на половине территории страны средняя скорость ветра составляет около 4-5 м/с на высоте 30 м. Наибольший ветровой потенциал сосредоточен в Атырауской и Мангистауской областях (район Каспийского моря), а также в северном и южном Казахстане. Согласно Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года, общий ветропотенциал страны оценивается в 1 820 млрд кВт·ч в год.

Гидроэнергетика

- Гидроэнергетика занимает второе место по потенциалу среди ВИЭ в Казахстане. По состоянию на 2017 год на ее долю приходилось около 10,9% генерирующих мощностей страны. Казахстан занимает третье место среди стран СНГ по потенциалу водных ресурсов. Общий гидропотенциал оценивается в 170 млрд кВт·ч в год, из которых около 62 млрд кВт·ч технически осуществимы. Годовой гидроэнергетический потенциал средних и крупных рек составляет 55 млрд кВт·ч, малых рек – 7,6 млрд кВт·ч. Технически осуществимый потенциал малых гидроэлектростанций оценивается в 8 млрд кВт·ч.
- Гидроэнергетические ресурсы распределены по всей территории страны, но три зоны обладают особенно большими ресурсами: бассейн реки Иртыш и ее основных притоков (Бухтарма, Уба, Ульба, Курчум, Карджил), юго-восточная зона с бассейном реки Или и

⁴¹ [USAID, 2022. Руководство инвестора по проектам возобновляемых источников энергии в Казахстане. USAID Power Central Asia Activity.](#)

южная зона с бассейнами рек Сырдарья, Талас и Чу. По состоянию на 2017 год выработка электроэнергии малыми гидроэлектростанциями (ГЭС) составила 649 млн кВт·ч.

- Гидроэнергетические ресурсы распределены по всей территории Казахстана, однако три зоны имеют особенно высокий потенциал: Бассейн реки Иртыш и ее основных притоков (Бухтарма, Уба, Ульба, Курчум, Карджил); Юго-восточная зона с бассейном реки Или; Южная зона с бассейнами рек Сырдарья, Талас и Чу. По состоянию на 2017 год выработка электроэнергии малыми гидроэлектростанциями (ГЭС) составила 649 млн кВт·ч.

Солнечная энергия

- Солнечная энергия обладает огромным потенциалом в Казахстане. Согласно Концепции развития топливно-энергетического комплекса, солнечная энергия может производить около 2,5 млрд кВт·ч в год, при этом из 8760 часов солнечной активности в год (2500-3000 часов в год в южных регионах) - 2200-3000 часов.

Геотермальная энергия

- Казахстан обладает значительным потенциалом геотермальных ресурсов. Гидрогеотермальные ресурсы с температурами от 40°C до более 100°C оцениваются в 10 275 млрд м³ по дебиту воды и 680 млрд Гкал по дебиту тепла. Это эквивалентно 97 млрд тонн нефтяного эквивалента (т н.э.) или 2,8 млрд ТДж, что сопоставимо с оцененными запасами ископаемого топлива в стране. Запасы углеводородов в Казахстане оцениваются в 12 млрд тонн нефти и конденсата (17,2 млрд т н.э.), около 6–8 трлн м³ газа (7–9,2 млрд т н.э.) и 150 млрд тонн угля (101 млрд т н.э.). Геотермальные источники преимущественно расположены в Западном Казахстане (75,9%), Южном Казахстане (15,6%) и Центральном Казахстане (5,3%). Наиболее перспективными являются Арысский, Алматинский и Жаркентский бассейны на юге и юго-востоке страны. Эти бассейны содержат подземные воды с минерализацией до 3 г/дм³ и температурой 70–100°C, что делает их привлекательными для дальнейшего освоения.

Оптимизация процессов: Все существующие металлургические процессы должны быть оптимизированы для сокращения или минимизации выбросов парниковых газов, даже если модернизация оборудования невозможна.

Улавливание, утилизация и хранение углерода (УХУ): Первоначальные пилотные проекты технологий УХУ могут быть реализованы на отдельных предприятиях для улавливания выбросов CO₂ в ходе производственных процессов.

НИОКР группы для декарбонизации: Научно-исследовательские группы играют ключевую роль в продвижении знаний, стимулировании инноваций и развитии сотрудничества между научным сообществом и промышленностью. Они становятся центрами для научных исследований, технологических разработок и прикладных инноваций, внося значительный вклад в создание новых

технологий, методов и продуктов. Металлургическая промышленность должна создать индивидуальные или коллективные научно-исследовательские ячейки для постоянной оценки и выбора путей декарбонизации, соответствующих поставленным критериям.

Сотрудничество между государственным и частным секторами: Эффективное взаимодействие с государственными органами и политиками является важным для создания благоприятного регулирования и стимулов для декарбонизации металлургической промышленности. Для достижения наилучших результатов может быть полезным создание совместных ассоциаций между схожими отраслями при поддержке государства.

Финансирование: Привлечение всех доступных внутренних и внешних источников финансирования, включая "зелёное" или климатическое финансирование, для поддержки проектов по декарбонизации.

Международное сотрудничество: Активное участие в международных инициативах для обмена знаниями, технологиями и лучшими практиками в области декарбонизации металлургической промышленности. Предприятия-экспортеры металлов в ЕС должны установить взаимодействие с системой СВМ (углеродный налог на границе ЕС).

4.2 ГОРИЗОНТ 2050 ГОДА

Ценообразование на углерод: К 2050 году необходима цена в 109 долларов США за т CO₂, как показано на Рисунке 2. Согласно исследованию DIW Econ "Казахстан: На пути к нулевому углеродному балансу к 2060 году - концепция финансирования", такая цена делает декарбонизацию металлургических процессов экономически выгоднее, чем сценарий BAU (бизнес как обычно), с точки зрения системных затрат. Это значение на 50% ниже прогноза МЭА. Однако в ОНУВ Казахстана не предусмотрен прогноз цены на углерод к 2050 году, так как документ охватывает только период 2020-2030 годов. Это является недостатком, поскольку ОНУВ не содержит четкого объяснения того, каким образом будет достигнуто постепенное повышение цены на углерод. Для обеспечения долгосрочной ясности и направления углеродных рынков в конкретное русло, ОНУВ должен включать перспективу до 2050 года с четко определёнными целевыми показателями цены на выбросы CO₂. Это обеспечит последовательность и предсказуемость политики, что крайне важно для бизнеса и инвесторов. Долгосрочные целевые показатели создают инвестиционную определённость, необходимую для развития низкоуглеродных технологий и инфраструктуры, позволяя отраслям эффективно планировать переход к устойчивому будущему. Четкие ценовые сигналы, согласованные с глобальными климатическими целями, также стимулируют инновации и обеспечивают экономически эффективное сокращение выбросов. Более того, они демонстрируют твердую национальную приверженность достижению целей Парижского соглашения.

Новые технологии в производстве стали и алюминия: В сценарии "Углеродная нейтральность", рассмотренном в рамках исследования GIZ (2021) о путях снижения выбросов ПГ в Казахстане, на период с 2030 по 2040 год прогнозируется активный переход на технологии, основанные на использовании природного газа и водородного топлива. Это позволит значительно сократить выбросы ПГ как от промышленных процессов и использования продукции (ППИП), так и от

энергопотребления. К 2045 году почти все производство доменного агломерата⁴² будет заменено технологиями прямого восстановления железа (DRI), что стабилизирует выбросы от промышленных процессов и от использования энергии, несмотря на рост объемов производства.

Становление водорода как основного вида топлива и использование биоэнергии: Для создания жизнеспособной водородной экономики требуются значительные инвестиции в снижение стоимости производства водорода и развитие водородной инфраструктуры. «Зелёный» водород, производимый из возобновляемых источников энергии, имеет потенциал заменить ископаемое топливо в процессах нагрева и восстановления. Хотя конечной целью является использование «зелёного» водорода в металлургии, переходный этап может начаться с применения серого водорода.

Использование биомассы и биоэнергетических источников, таких как древесная щепа или сельскохозяйственные отходы, также может помочь сократить углеродный след металлургических процессов. Биоэнергетика предоставляет экологические преимущества, включая углеродную нейтральность и снижение зависимости от ископаемых ресурсов.

Циркулярная экономика: Повсеместное внедрение подхода, основанного на принципах циркулярной экономики, с акцентом на переработку и эффективное использование ресурсов. Это включает повышение уровня переработки металлов и использование вторичного сырья в производственных процессах.

Процессы и передовые материалы: Разработка и внедрение новых материалов и процессов с низким уровнем выбросов. Это может включать инновационные технологии плавки и рафинирования, которые являются более энергоэффективными и генерируют меньше CO₂.

УХУ: К 2040 году технологии улавливания, утилизации и хранения углерода (УХУ) должны получить широкое распространение в промышленности, особенно в производстве стали и серого водорода. К 2050 году, согласно сценарию достижения нулевого углеродного баланса, будет улавливаться 4,6 Мт CO₂ с помощью технологий УХУ.

Исследования и разработки в области декарбонизации: Продолжение работы с группами, занимающимися исследованиями и разработками для оценки всех возможных путей декарбонизации.

Сотрудничество между правительством Казахстана и частным сектором: Взаимодействие и лоббирование в государственных и директивных органах, предпочтительно в виде ассоциации, с целью достижения благоприятного регулирования и стимулов для декарбонизации металлургической промышленности.

⁴² Сырье для доменной печи: мелкозернистое сырье, включая железную руду, коксовую мелочь, известняк, окалину и дымовую пыль, в агломерированный продукт, агломерат, подходящего размера для загрузки в доменную печь.

Финансирование: Продолжение привлечения всех доступных внутренних и внешних средств, включая средства «зелёного»/климатического финансирования, для поддержки проектов по декарбонизации.

Интеграция с другими секторами: Продолжение интеграции усилий по декарбонизации с другими секторами, такими как транспорт и строительство, для создания благоприятных условий для общего перехода к низкоуглеродной экономике.

Международное сотрудничество: Продолжение участия в международном сотрудничестве для обмена знаниями, технологиями и лучшими практиками в области декарбонизации металлургической промышленности. Взаимодействие с системой ЕС СВММ должно быть подтверждено предприятиями-экспортерами металлов в ЕС.

4.3 ГОРИЗОНТ 2060 ГОДА

Технологии нулевых выбросов

К 2060 году Казахстан стремится достичь углеродной нейтральности. Для реализации этой цели сталелитейное производство должно перейти на водородное прямое восстановление железа (DRI) для переработки железной руды или широкомасштабное использование металлолома в качестве альтернативного сырья. Оба типа сырья должны перерабатываться в сталь с использованием электродуговых печей (EAF). Также потребуются, чтобы вся энергия, используемая в производственных процессах, поступала исключительно из возобновляемых источников, а водород, применяемый как энергоноситель, производился только с использованием технологий, не генерирующих выбросы углерода.

Показатели и целевые значения выбросов ПГ, приведенные здесь, основаны на исследовании путей декарбонизации, проведенном GIZ в 2021 году. Однако важно отметить, что на данный момент отсутствуют официальные документы, определяющие потенциальные отраслевые показатели выбросов ПГ.

Новые технологии в производстве стали и алюминия

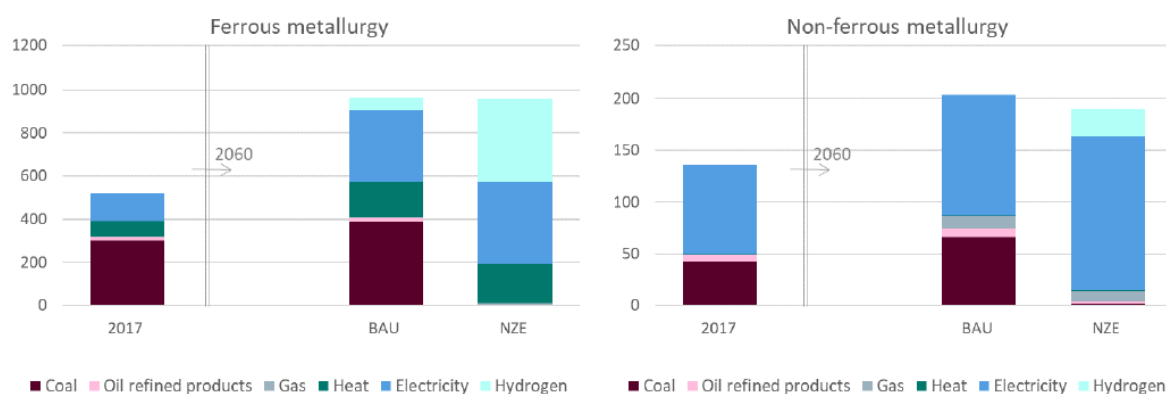
Согласно результатам количественного моделирования траекторий выбросов ПГ до 2060 года, проведенного GIZ в 2021 году (в поддержку разработки стратегии углеродной нейтральности Казахстана), ожидается, что технологические выбросы ПГ от производства чугуна и стали в базовом сценарии к 2060 году увеличатся на 33% по сравнению с 2017 годом и на 29% по сравнению с 1990 годом. Однако в сценарии углеродной нейтральности прогнозируется активный переход на технологии использования природного газа и водорода в период с 2030 по 2040 год, что позволит значительно сократить выбросы ПГ от промышленных процессов и использования продукции (ППИП). К 2060 году в рамках сценария углеродной нейтральности технологические выбросы ПГ от производства чугуна и стали могут быть снижены на 93% по сравнению с базовым сценарием.

В отношении алюминия в базовом сценарии технологические выбросы ПГ к 2060 году будут лишь на 1% ниже уровня 2017 года. В то же время в сценарии углеродной нейтральности выбросы от производства алюминия в 2060 году снизятся на 40% по сравнению с 2017 годом.

Виды топлива для конечного спроса на энергию

Конечный спрос на энергию в 2060 году, как в черной, так и в цветной металлургии, будет распределен по следующим компонентам:

Рисунок 3: Конечный спрос на энергию в металлургии по видам топлива, кт н.э.



Источник: DIW Econ - "Казахстан: Пути декарбонизации для достижения нулевого углеродного баланса к 2060 году - возможности и проблемы"

Сценарий ВАУ

Как показано на Рисунке 3, сценарий ВАУ продолжает предполагать значительное использование угля в металлургии, который остается основным источником конечного спроса на энергию.

- В черной металлургии прогнозируется увеличение потребления угля с примерно 300 тыс. т.н.э. в 2017 году до 400 тыс.т н.э. к 2060 году, что составляет рост на 33%).
 - Вторым по значимости источником энергии будет электричество, за ним следует тепло, вырабатываемое на основе ископаемого топлива. На четвертом месте окажется водород, а также продукты нефтепереработки, но в гораздо меньших объемах.
- Общий конечный спрос на энергию в черной металлургии по сценарию ВАУ оценивается чуть менее 1 Мт н.э..э.
- Цветная металлургия: Поскольку процессы в этой отрасли отличаются и используют различные источники энергии, сценарий ВАУ предполагает, что электричество останется основным источником энергии (как и в 2017 году). Его использование увеличится с примерно 90 тыс.т н.э. в 2017 году до около 110 тыс.т н.э. к 2060 году.

- Вторым источником энергии станет уголь, прирост составит около 20 тыс.т н.э. (с 45 тыс.т н.э. в 2017 году до 65 тыс.т н.э. в 2060 году). Природный газ, который в настоящее время не используется в цветной металлургии, начнет применяться, и его объем достигнет примерно 10 тыс.т н.э. к 2060 году. Продукты нефтепереработки также сохранят свое использование на уровне, близком к 2017 году — чуть менее 10 тыс. т.н.э.
- Общий конечный спрос на энергию для цветной металлургии в сценарии ВАУ оценивается примерно в 200 тыс. т.н.э.

Сценарий нулевого углеродного баланса (NZE)

Сценарий NZE представляет совершенно иную картину конечного спроса на энергию по сравнению со сценарием ВАУ.

- Черная металлургия: Уголь полностью исчезает из энергетической матрицы. Основным источником энергии становится электричество, за ним следует водород в схожих объемах, оба составляют около 400 кт н.э. Тепло занимает третью позицию, суммарно составляя 200 кт н.э. Другие источники энергии не предусмотрены.
 - Общий конечный спрос на энергию для черной металлургии, как и в сценарии ВАУ, оценивается в 1000 кт н.э.
- Цветная металлургия: Основным источником энергии остается электричество с прогнозируемым потреблением в 150 кт н.э., за ним следует водород — около 25 кт н.э. Потребление природного газа составит примерно 10 кт н.э.
 - Общий конечный спрос на энергию для цветной металлургии к 2060 году оценивается в 190 кт н.э.

Технологии УХУ в сценарии нулевого углеродного баланса позволят улавливать до 4,6 млн т CO₂. В то же время в сценарии ВАУ улавливание выбросов не предусмотрено.

Ценообразование на углерод

К 2060 году, как и в 2050 году, требуется цена в 109 долларов США за т CO₂, как показано на Рисунке 2. Это делает декарбонизацию металлургических процессов экономически выгоднее, чем ВАУ, с точки зрения системных затрат. С 2045 года прогнозируется достижение плато в отношении цены на углерод, необходимой для того, чтобы декарбонизация стала более рентабельной, чем сценарий ВАУ. Однако в ОНУВ Казахстана отсутствует прогноз цены на углерод на 2060 год.

Международное сотрудничество

Необходимо продолжать активное участие в международных партнерствах и сотрудничестве для обмена знаниями, технологиями и передовым опытом в области декарбонизации металлургической промышленности.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ И РЫНОК ДЛЯ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ

Экономическая эффективность на рынке декарбонизированной металлургической продукции является критически важным аспектом для металлургической промышленности Казахстана. Она позволяет обеспечить оптимальное распределение ресурсов для сокращения выбросов при минимальных затратах. Конкурентоспособность также является ключевым вопросом, требующим внимания. Компании, внедряющие низкоуглеродные технологии, могут столкнуться с риском потери рыночной доли в пользу конкурентов, которые придерживаются менее строгих экологических стандартов. Для решения этих проблем необходимо создание эффективного и функционального рынка, поддерживающего декарбонизацию. Такой рынок должен обеспечивать правильные стимулы для внедрения инноваций и привлечения инвестиций, сохраняя при этом экономическую жизнеспособность отрасли. Эти аспекты рассматриваются более подробно в следующих подразделах.

5.1 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Снижение затрат за счет энергоэффективности

Энергопотребление: Эксплуатационные расходы и энергопотребление в металлургической промышленности Казахстана могут быть сокращены за счет внедрения мер по повышению энергоэффективности. Эти меры включают улучшение изоляции, регулярное техническое обслуживание оборудования для минимизации потерь энергии и другие практики. Интеграция комплексных систем энергоменеджмента в металлургические процессы позволяет эффективно отслеживать, контролировать и оптимизировать использование энергии на всех этапах производства. Такие системы обеспечивают максимальную эффективность всех процессов, охватывая все аспекты металлургической деятельности. Энергоменеджмент помогает руководителям и инженерам принимать обоснованные решения на основе аналитических данных. Это позволяет минимизировать потребление топливно-энергетических ресурсов при достижении максимальной эффективности. Компании, уже использующие системы энергоменеджмента, обычно снижают

энергоёмкость на 2-3% ежегодно. Те, кто только начинает внедрение таких систем, могут сэкономить до 10-20% энергии в течение первых двух лет их применения⁴³.

Если металлургическая компания находится на начальном этапе внедрения систем энергоменеджмента, основной акцент делается на применение лучших практик в области энергоснабжения, транспортировки и потребления энергии, а также на внедрение методов управления, которые не требуют значительных инвестиций. Результаты от реализации таких мер становятся заметны в относительно короткие сроки. Дальнейшее повышение эффективности связано с технологическими изменениями, такими как использование новых источников энергии, включая возобновляемые источники, и внедрение интеллектуальных сетей. Эти меры обычно требуют более значительных инвестиций. Интеграция возобновляемых источников энергии в металлургическое производство обеспечивает устойчивый способ сокращения затрат на энергию. Применение солнечной, ветровой и других видов возобновляемой энергии снижает зависимость от ископаемого топлива, что уменьшает расходы на электроэнергию. Внедрение систем накопления энергии, таких как аккумуляторные батареи, обеспечивает стабильное энергоснабжение и улучшает управление энергией, особенно при использовании нестабильных возобновляемых источников.

Государственные субсидии, стимулы и варианты "зелёного" финансирования, такие как "зелёные" облигации и низкопроцентные кредиты, могут существенно компенсировать первоначальные инвестиции, необходимые для вышеупомянутой модернизации. Наконец, программы обучения сотрудников энергоэффективным методам работы и формирование культуры энергосбережения в компании способствуют изменению поведенческих привычек, что также способствует повышению общей эффективности.

Технологическая модернизация: Декарбонизация металлургической промышленности в Казахстане требует значительного обновления технологий, включая внедрение электродуговых печей (ЭДП), которые позволяют существенно снизить выбросы углерода и энергопотребление. Электродуговые печи используют электрическую энергию для нагрева и плавления сырья при производстве чугуна и стали.

Во время работы электродуговой печи в нее загружается переработанный стальной лом или другое богатое железом сырье вместе со шлакообразующими материалами (шлак – это побочный продукт плавки руд и переработки металлов, состоящий в основном из оксидов металлов и диоксида кремния). Затем три крупных графитовых электрода создают мощные электрические дуги (разряды), генерируя температуру до 1650 °С. При этой температуре сырье плавится, превращаясь в жидкую сталь, а на поверхности образуется защитный слой шлака. Основная задача ЭДП — максимально быстро переработать богатое железом твердое сырье, такое как стальной лом, железо прямого восстановления (DRI) или горячее брикетированное железо, в жидкую нерафинированную сталь, которая затем подвергается дальнейшему рафинированию на последующих этапах производства стали.

⁴³ Федорова, С. & Шеметов, Андрей & Чулынин, А. & Шестакова, И., (2016). Внедрение системы энергетического менеджмента в горнометаллургическом комплексе предприятия как эффективный способ обеспечения его устойчивого развития. 531-539. 10.2495/SDP160441.

Некоторые из преимуществ электродуговых печей по сравнению с их аналогами - доменными печами - заключаются в том, что *i)* они значительно дешевле в строительстве и имеют компактные размеры, *ii)* их небольшие размеры позволяют строить их ближе к местам потребления, *iii)* они высокоэффективны и автоматизированы, *iv)* они оказывают гораздо меньшее воздействие на окружающую среду.⁴⁴

Внедрение процессов восстановления на основе водорода, в которых вместо углеродоемкого кокса в качестве восстановителя используется «зелёный», может еще больше сократить выбросы углерода. Прямое восстановление железа (ПВЖ, Direct Reduced Ironmaking, DRI, *англ.*) — это процесс химического удаления (восстановления) кислорода из железной руды в ее твердой форме. На сегодняшний день железо, используемое в сталелитейном производстве, восстанавливается из железной руды с использованием ископаемых ресурсов, таких как природный газ или уголь. В этом процессе углерод соединяется с кислородом из железной руды, образуя металлическое железо и богатый углеродом технологический газ. Однако восстановление железной руды может быть осуществлено с использованием водорода вместо углерода, что приводит к выделению водяного пара в качестве побочного продукта. Это делает процесс низкоуглеродным и экологически чистым. Хотя данный метод дороже (особенно в странах, таких как Казахстан, где ископаемое топливо дешевле водорода), его использование позволяет производить "зелёные" металлы, такие как "зелёная" сталь или "зелёное" железо. Эти продукты, благодаря своим экологическим характеристикам, могут продаваться по более высокой цене, чем традиционные металлы.

С другой стороны, при производстве DRI на основе природного газа водород также участвует в процессе восстановления, хотя и в сочетании с углеродом. Этот метод менее углеродоёмкий, чем доменный способ, так как каждая тонна DRI, произведенного с использованием природного газа, приводит к выбросу 1,5 тонны CO₂, что значительно ниже выбросов при традиционном доменном производстве⁴⁵.

Кроме того, интеграция цифровых и интеллектуальных технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ) и Интернет вещей (IoT), является важным шагом на пути к повышению энергоэффективности в металлургической промышленности. ИИ способен анализировать большие объемы данных, выявляя неэффективности и предлагая улучшения, что обеспечивает более точный контроль над производственными процессами и энергопотреблением. IoT-устройства предоставляют возможность мониторинга и аналитики в режиме реального времени, что помогает предвосхищать потребности в обслуживании оборудования и сокращать время простоя. Благодаря интеграции таких технологий металлургические предприятия могут улучшить управление энергопотреблением, оптимизировать распределение ресурсов и повысить общую производительность. Эти достижения не только способствуют повышению операционной эффективности, но также помогают сократить энергопотребление и выбросы углекислого газа, внося вклад в декарбонизацию металлургической промышленности.

⁴⁴ Рейбус, 2024 год. Как работает электродуговая печь. <https://reibus.com/reibus/lessons/steelmaking/electric-arc-furnace/>

⁴⁵ Мировая сталь, 2024 год. Информационный бюллетень: Производство железа на основе водорода (H₂). <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-Hydrogen-H2-based-ironmaking.pdf>

Утилизация тепла: Утилизация отработанного тепла в металлургической промышленности включает сбор и повторное использование избыточного тепла, образующегося в ходе высокотемпературных процессов, таких как плавка, рафинирование и литье. Внедрение систем рекуперации отработанного тепла позволяет повысить энергоэффективность, преобразуя энергию, которая иначе терялась бы, в полезную мощность, пар или тепло для других процессов. Для улавливания и повторного использования тепла применяются такие технологии, как рекуператоры, регенераторы и теплообменники. Эти меры не только снижают общее энергопотребление и эксплуатационные расходы, но также сокращают выбросы парниковых газов. Это способствует созданию более устойчивой и экологически безопасной металлургической промышленности.

Экономическая эффективность функционирующего углеродного рынка заключается в его способности сокращать выбросы парниковых газов с минимальными затратами. Рыночный механизм торговли углеродными квотами стимулирует компании к внедрению инноваций и инвестированию в более чистые технологии. Компании, которые могут сократить выбросы с меньшими затратами, получают возможность продавать излишки квот тем, для кого борьба с загрязнением обходится дороже. Это обеспечивает общее снижение выбросов с наименьшими экономическими издержками. Такая гибкость способствует оптимальному распределению ресурсов, так как рынок выявляет и использует наиболее экономически выгодные возможности для сокращения выбросов. Кроме того, тщательно спроектированный углеродный рынок поощряет долгосрочные инвестиции в устойчивые технологии и практики, создавая основу для постоянного совершенствования, экономического роста и экологической устойчивости.

Эффективность использования ресурсов

Развитие низкоуглеродной металлургии требует концентрации усилий на использовании материалов, переработке и оптимизации процессов. Эти стратегии не только способствуют сокращению выбросов углерода, но и повышают экономическую эффективность и устойчивость использования ресурсов.

Использование материалов: Выбор сырья играет ключевую роль в снижении углеродного следа металлургических процессов. Использование высококачественных руд и низкоуглеродного сырья позволяет значительно сократить выбросы, образующиеся при производстве металлов. Применение альтернативных материалов, таких как биомасса или водород, вместо углеродного топлива, может еще больше снизить выбросы CO₂. Например, водородное прямое восстановление железа – перспективная технология, способная значительно сократить выбросы углерода в производстве стали по сравнению с традиционными доменными методами.

Переработка: Переработка металлолома является одним из эффективных способов уменьшить воздействие производства металлов на окружающую среду. Она требует значительно меньше энергии по сравнению с добычей и переработкой первичных руд. Развитие систем сбора и сортировки металлолома обеспечивает стабильный приток вторсырья, минимизирует потребность в новом сырье и снижает выбросы парниковых газов. Использование электродуговых печей (EAF), способных перерабатывать стальную лом, является примером успешной интеграции рециклинга в практику низкоуглеродной металлургии.

Оптимизация процессов: Оптимизация металлургических процессов с помощью технологических инноваций и передовых методов имеет решающее значение для сокращения выбросов углерода. Внедрение энергоэффективных технологий, таких как современные системы управления и механизмы рекуперации тепла, позволяет значительно снизить потребление энергии и связанные с ним выбросы. Кроме того, технологии улавливания и хранения углерода (УХУ) помогают предотвратить выбросы углерода в атмосферу, повышая экологическую устойчивость металлургических процессов. Постоянное совершенствование систем мониторинга и оптимизации позволяет выявлять неэффективности и области для улучшения, способствуя более устойчивому функционированию отрасли.

Экономия на масштабе

Достижение эффекта масштаба является важным фактором для декарбонизации металлургического сектора Казахстана. Крупные производственные предприятия могут распределить постоянные затраты на внедрение передовых низкоуглеродных технологий, таких как электродуговые печи и водородные восстановительные процессы, на большой объем продукции, снижая затраты на единицу производства. Этот подход не только делает внедрение этих технологий более финансово выгодным, но и повышает общую эффективность производства. Оптовые закупки возобновляемых источников энергии, сырья и других необходимых материалов могут дополнительно сократить затраты, делая устойчивые методы более привлекательными с экономической точки зрения. Крупные предприятия также могут оправдать инвестиции в сложные системы управления энергопотреблением и технологии рекуперации отработанного тепла, что повышает энергоэффективность и снижает выбросы углекислого газа.

Эффект масштаба также распространяется на НИОКР и инновации. Крупные компании и группы компаний в металлургическом секторе могут позволить себе более значительные вложения в исследования и разработки, что способствует созданию прорывных технологий и процессов в области декарбонизации. Эти инвестиции могут привести к появлению более эффективных решений, которые затем можно внедрить в отрасли с меньшими затратами. Кроме того, крупные предприятия обладают большими возможностями для создания государственно-частных партнерств, привлечения государственных стимулов и субсидий, что еще больше расширяет их возможности для реализации мер по декарбонизации.

5.2 КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ

Инновации и технологическое лидерство

Инвестиции в НИОКР: Инвестиции в исследования и разработки важны для декарбонизации металлургического сектора Казахстана. Эти инвестиции должны быть направлены на развитие низкоуглеродных технологий, таких как электродуговые печи, процессы восстановления на основе водорода, а также технологии улавливания и хранения углерода (УХУ). НИОКР способствует внедрению инноваций и может привести к разработке более эффективных и экономически целесообразных методов сокращения выбросов парниковых газов. Сотрудничество между правительством, промышленностью и академическими институтами может стать катализатором этих достижений, обеспечивая практическое применение новейших научных и технологических

разработок. Целевое финансирование НИОКР также может помочь преодолеть технические и экономические барьеры, делая устойчивые методы более доступными и масштабируемыми.

Патенты и интеллектуальная собственность: Патенты и интеллектуальная собственность могут сыграть свою роль в стимулировании и защите инноваций в области низкоуглеродных технологий. Получив патенты на такие достижения, как электродуговые печи, процессы восстановления на основе водорода, а также улавливание и хранение углерода, компании могут защитить свои инвестиции и получить конкурентное преимущество. Такая защита стимулирует дальнейшие исследования и разработки, обеспечивая новаторам выгоду от своих изобретений. Кроме того, интеллектуальная собственность способствует передаче технологий и сотрудничеству, поскольку компании могут лицензировать свои разработки другим участникам отрасли. Это ускоряет распространение и внедрение передовых решений. Эффективное управление интеллектуальной собственностью гарантирует, что прорывные технологии в области декарбонизации будут не только вознаграждены, но и широко внедрены.

Конкурентоспособность затрат

Операционная эффективность: Снижение затрат и энергопотребления в металлургических процессах может быть достигнуто за счет производственных усовершенствований. Рационализация процессов через автоматизацию и использование современных систем управления способствует повышению эффективности и снижению потребления ресурсов. Внедрение принципов бережливого производства позволяет минимизировать отходы, повысить производительность и снизить операционные расходы. Одной из ключевых задач бережливого производства является сокращение отходов путем минимизации уровня запасов и повышения эффективности поиска и использования сырья. В металлургической промышленности, где такие материалы, как сплавы, алюминий, сталь и титан, имеют критическое значение, оптимизация управления запасами и поиска сырья может привести к значительной экономии средств и улучшению производственной эффективности. Например, металлургическая компания может внедрить принципы бережливого производства через установление стратегических партнерских отношений с ключевыми поставщиками. Тесное сотрудничество с ними, улучшение коммуникации и оптимизация процесса заказа помогут сократить время выполнения заказа и минимизировать складские запасы, тем самым повышая общую эффективность производства.

Управление цепочками поставок: Повышение эффективности цепочки поставок, включая поиск сырья и логистику, играет ключевую роль в снижении производственных затрат и повышении конкурентоспособности металлургической промышленности. Эффективное управление цепочками поставок становится особенно важным в условиях декарбонизации. Оптимизация логистики и транспортных маршрутов может существенно сократить выбросы и транспортные расходы. Стратегический подбор сырья у местных или региональных поставщиков способен дополнительно уменьшить затраты и снизить углеродный след, связанный с транспортировкой на большие расстояния. Внедрение практики инвентаризации "точно в срок" помогает минимизировать отходы и затраты на хранение, а использование цифровых решений, таких как блокчейн и IoT, повышает прозрачность и эффективность цепочки поставок.

Сохранение конкурентоспособности конечной продукции при декарбонизации процессов представляет собой сложную задачу. Усилия по декарбонизации в металлургическом секторе

сопряжены с высокими затратами, что может вызывать у компаний опасения относительно увеличения стоимости продукции и возможной потери рыночной доли. Однако исследования показывают, что вступление в процесс декарбонизации на ранних этапах может не только сохранить, но и обеспечить конкурентное преимущество. Компании, добившиеся успеха благодаря добавленной стоимости, созданной за счет декарбонизации, сосредоточились на следующих трех ключевых направлениях⁴⁶:

Декарбонизация и повышение конкурентоспособности по затратам. Компании, которые одновременно сокращают затраты и выбросы углерода, могут укрепить свои позиции на рынке, а также создать дополнительные финансовые ресурсы для дальнейших усилий по декарбонизации. Сочетание экономии затрат с мерами по снижению углеродного следа способствует увеличению рыночной доли компании. В условиях растущего спроса на устойчивое развитие со стороны государственного и частного секторов компании, которые становятся лидерами в области декарбонизации, получают конкурентное преимущество. Они могут завоевать ранние контракты на развивающихся рынках и быстрее извлекать прибыль, чем их конкуренты. Однако это преимущество на ранних этапах со временем может уменьшиться, по мере того как другие компании начинают внедрять аналогичные стратегии. Международный опыт показывает, что лидирующие компании часто достигают первых 20–40% декарбонизации, одновременно снижая затраты. Это приводит к увеличению показателя EBITDA, укрепляя их конкурентоспособность и финансовую устойчивость.

- Одним из примеров того, как раннее участие в декарбонизации может принести дополнительные доходы, является компания Tesla, которая сосредоточилась на производстве электромобилей (EV) и стала лидером в области декарбонизации транспорта. Помимо прибыли от продажи автомобилей, Tesla получает значительные доходы от продажи регулятивных кредитов другим автопроизводителям, которым необходимо достичь целевых показателей по выбросам. Правительства предоставляют регулятивные кредиты производителям автомобилей, которые выпускают определенное количество транспортных средств с нулевым уровнем выбросов. Эти кредиты можно заработать, производя экологически чистые автомобили, и их отсутствие грозит автопроизводителям крупными штрафами к концу года. Tesla, благодаря своей линейке полностью электрических автомобилей, накапливает излишки таких кредитов. Эти кредиты подлежат продаже, и автопроизводители, которые не достигают целевых показателей, покупают их у Tesla, чтобы избежать штрафов. Таким образом, продажа регулятивных кредитов стала значительным источником дохода для компании, что подчеркивает выгоды для ранних участников процесса декарбонизации.
- Запуск предложений с нулевым углеродным балансом. Компании, которые оперативно внедряют предложения с нулевым углеродным балансом, могут воспользоваться пробелами между спросом и предложением на зарождающихся рынках. Это позволяет

⁴⁶ McKinsey, 2023. Декарбонизация и создание стоимости. <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/decarbonize-and-create-value-how-incumbents-can-tackle-the-steep-challenge>

создавать дополнительную ценность за счет стратегий ценообразования, ориентированных на ценность, и применения ценовых надбавок.

- Выход на новые уровни стоимости. Компании, которые создают новые направления бизнеса в рамках существующей цепочки создания стоимости или осваивают смежные области, получают возможность удовлетворить ранний спрос на предложения с нулевым углеродным следом. Они также могут извлечь выгоду из дешевого финансирования для реализации таких инициатив.
- Компании, приступившие к декарбонизации, уже видят ощутимые результаты: сокращение выбросов до 40% и улучшение финансовых показателей на 15%.^{Error! Bookmark not defined.} К 2030 году действующие предприятия смогут сократить выбросы в среднем на 20–40%, одновременно снижая производственные затраты. Снижение себестоимости производства может быть достигнуто за счет повышения энергоэффективности, перехода на экологически чистую энергию и сокращения переменных затрат. Одновременное сокращение затрат и выбросов углерода также позволяет высвободить дополнительные денежные средства, которые можно направить на инвестиции в новые бизнес-возможности, возникающие в процессе перехода к нулевым выбросам.

Дифференциация рынка

Дифференциация рынка с помощью "зелёного" брендинга и премиального ценообразования может стать эффективной стратегией для поддержки декарбонизации металлургического сектора Казахстана. Внедряя и активно продвигая устойчивые практики, металлургические компании могут выделиться на фоне конкурентов, привлекая внимание экологически сознательных потребителей и предпринимателей. "Зелёный" брендинг включает маркетинг продукции как экологически чистой и продвижение приверженности компании к снижению выбросов углерода и минимизации воздействия на окружающую среду. Это не только улучшает репутацию компании, но и помогает привлечь новых клиентов и укрепить лояльность существующих, которые ценят экологичность. Такой подход также открывает доступ к новым рынкам и бизнес-возможностям, особенно среди международных клиентов, соблюдающих строгие экологические стандарты.

Премиальное ценообразование представляет собой еще один важный аспект рыночной дифференциации. Продукция, сертифицированная как низкоуглеродная или произведенная с использованием устойчивых методов, может продаваться по более высоким ценам благодаря дополнительной ценности экологической ответственности. Покупатели, особенно на развитых рынках, зачастую готовы платить больше за экологически чистую продукцию. Эта премия помогает компенсировать дополнительные затраты на внедрение "зелёных" технологий и методов, делая декарбонизацию более финансово привлекательной. Кроме того, премиальное ценообразование способствует увеличению маржи, что обеспечивает дополнительные средства для дальнейших инвестиций в устойчивые инновации и развитие экологически ответственного бизнеса.

5.3 РАЗВИТИЕ РЫНКА

Спрос на низкоуглеродную продукцию

Растущий мировой спрос на низкоуглеродную продукцию, обусловленный ужесточением климатической политики и растущими предпочтениями потребителей в отношении экологичности, создает значительные рыночные возможности. Мировой рынок низкоуглеродной металлургической продукции из Казахстана демонстрирует обнадеживающие перспективы благодаря увеличению спроса на устойчивые и экологически чистые материалы. На международной арене все большее внимание уделяется сокращению выбросов углерода в сталелитейной и металлургической промышленности, что связано с ужесточением экологических норм и переходом к более экологичным методам производства.

Металлургический сектор Казахстана может извлечь выгоду из этой тенденции, активно внедряя передовые низкоуглеродные технологии и совершенствуя производственные процессы в соответствии с мировыми стандартами. Использование методов рециркуляции, технологий улавливания и хранения углерода, интеграция возобновляемых источников энергии и другие меры декарбонизации являются ключевыми для поддержания конкурентоспособности на международном рынке. По мере того, как все больше стран и корпораций будут сосредотачиваться на устойчивом развитии, ожидается, что спрос на низкоуглеродную металлургическую продукцию продолжит расти. Это открывает перед Казахстаном значительные экспортные возможности, укрепляя его позиции на глобальном рынке.

Такие отрасли, как автомобилестроение, строительство и электроника, все чаще ищут низкоуглеродные материалы, чтобы соответствовать своим целям устойчивого развития и нормативным требованиям. Автомобильная промышленность активно переходит на использование легкого алюминия, современной высокопрочной стали и биоосновных пластиков, которые производятся с применением низкоуглеродных технологий и поддерживают принципы циркулярной экономики (переработка).^{47 48} Примером может служить использование компанией Ford алюминия в кузове пикапа F-150. Электромобили (EV) требуют легких низкоуглеродных материалов для повышения энергоэффективности и снижения уровня выбросов. Приоритетом становится устойчивое снабжение литием, кобальтом и никелем, необходимыми для производства аккумуляторов.

Строительная отрасль стремится к применению бетона и цемента, произведенных с использованием низкоуглеродных технологий и альтернативных связующих, таких как летучая зола и шлак. Другие востребованные материалы включают низкоуглеродную сталь, стекло и асфальт⁴⁹. Примером инноваций является углеродно-отрицательный кирпич K-Briq от компании Kenotec,

⁴⁷ Novelis, 2021. Construir un automóvil sin emisiones de carbono: cómo los materiales circulares pueden ayudar a la industria automotriz a cumplir sus objetivos climáticos. <https://zh-hans.novelis.com/building-the-zero-carbon-car-with-circular-material/>

⁴⁸ S&P Global Mobility. Autos and Sustainability: From Compliance to Leadership. <https://www.spglobal.com/mobility/en/research-analysis/autos-and-sustainability-from-compliance-to-leadership.html>

⁴⁹ Access, 2024. Низкоуглеродные материалы в строительстве. <https://www.theaccessgroup.com/en-gb/blog/con-low-carbon-building-materials-in-construction/>

изготовленный на 90% из строительных отходов. В отличие от традиционного кирпича, который требует высокотемпературного обжига, K-Briq не нуждается в обжиге, что значительно снижает энергопотребление и выбросы углекислого газа.

Сектор возобновляемой энергетики предъявляет высокий спрос на низкоуглеродные металлы, которые необходимы для производства ветряных турбин и солнечных панелей, играющих ключевую роль в создании устойчивой энергетической инфраструктуры. Электронная промышленность также увеличивает использование переработанных и экологически чистых материалов, таких как печатные платы, пластмассы и компоненты для аккумуляторов⁵⁰. Например, Apple активно использует переработанный алюминий в конструкции своих продуктов.

В целом, спрос на низкоуглеродные материалы в металлургии стремительно растет благодаря растущей осведомленности о проблемах экологии и давлению со стороны регулирующих органов, включая цели устойчивого развития и стремление к нулевым выбросам.

В ближайшие годы и десятилетия ожидается значительное увеличение международного спроса на продукцию низкоуглеродной металлургии. Этот рост будет обусловлен несколькими ключевыми факторами:

1. Нормативно-правовое регулирование и политика: Правительства во всем мире все чаще вводят жесткие экологические нормы, направленные на сокращение выбросов углерода. Такие меры, как механизм пограничной корректировки выбросов углерода (СВАМ) в ЕС, вынуждают производителей переходить на низкоуглеродные методы, чтобы оставаться конкурентоспособными на мировых рынках.
2. Технологические инновации: Прогресс в металлургических технологиях, таких как производство стали с использованием водорода и технологии УХУ, делает производство низкоуглеродных металлов более реальным и экономически выгодным. Эти инновации играют ключевую роль в удовлетворении растущего спроса на экологически чистые материалы.
3. Отраслевые обязательства и инвестиции: Крупнейшие компании сталелитейной и алюминиевой промышленности берут на себя обязательства по достижению углеродной нейтральности и активно инвестируют в низкоуглеродные технологии. Например, такие компании, как ArcelorMittal и SSAB, возглавляют инициативы по разработке стали, произведенной без использования ископаемого топлива. Ожидается, что такие продукты займут значительную долю рынка по мере масштабирования этих технологий.
4. Потребительский спрос: Потребители и компании всё больше требуют экологически чистой продукции. Эта тенденция особенно заметна в таких отраслях, как

⁵⁰ AB Notebook, 2023. <https://www.abnotebook.com/a/9325>

автомобилестроение, строительство и электроника, где устойчивость становится ключевым фактором при принятии решений о покупке⁵¹.

5. **Экономические стимулы:** Финансовые выгоды от внедрения низкоуглеродных технологий, включая налоговые льготы, субсидии и растущий рынок углеродных кредитов, побуждают всё больше компаний переходить на экологически чистые методы производства. Этот экономический сдвиг, как ожидается, ускорит распространение низкоуглеродной металлургической продукции.

Государственная политика и стимулы

Для развития низкоуглеродной металлургии в Казахстане правительству необходимо внедрить комплексную политическую систему, сочетающую нормативно-правовые меры (например, политику государственных закупок в пользу "зелёной" продукции) и финансовые стимулы (такие как налоговые льготы, субсидии и гранты на инвестиции в низкоуглеродные технологии). Во-первых, важно установить строгие стандарты выбросов для металлургических процессов и обязать предприятия внедрять более чистые технологии. Эти стандарты должны сопровождаться надёжной системой мониторинга и отчетности, чтобы обеспечить их соблюдение. Для поддержки предприятий, переходящих на экологически чистое производство, правительство может предоставлять налоговые льготы, субсидии и гранты на инвестиции в низкоуглеродные технологии. Такие меры помогут снизить финансовое бремя перехода, стимулируя инновации и делая устойчивые практики более экономически привлекательными для бизнеса.

Во-вторых, разработка стратегии ценообразования на углерод в рамках системы торговли выбросами (СТВ) станет важным стимулом для сокращения выбросов углекислого газа. Эффективная система ценообразования сделает такие меры финансово выгодными для компаний. Доходы от установления цен на углерод могут быть направлены на финансирование исследований, разработок низкоуглеродных технологий и улучшение инфраструктуры. Кроме того, создание системы "зелёного" финансирования, включающей "зелёные" облигации и климатические фонды, привлечет как внутренние, так и международные инвестиции в казахстанский сектор низкоуглеродной металлургии. Эти меры позволят ускорить переход к экологически устойчивому производству и укрепить позиции Казахстана на мировом рынке⁵².

Наконец, развитие государственно-частного партнерства и международного сотрудничества является ключевым элементом продвижения низкоуглеродной металлургии. Правительству необходимо активно взаимодействовать с заинтересованными сторонами в отрасли, научно-исследовательскими институтами и международными организациями для разработки и внедрения передового опыта в этой области. Передача знаний и наращивание потенциала в рамках такого сотрудничества помогут повысить уровень технической экспертизы, необходимой для внедрения

⁵¹ Центр глобальной энергетической политики, Колумбийский университет, 2021 г. Низкоуглеродное производство чугуна и стали: Варианты технологий, экономическая оценка и политика.
<https://www.energypolicy.columbia.edu/publications/low-carbon-production-iron-steel-technology-options-economic-assessment-and-policy/>

⁵² ПРООН, 2022. Казахстан наращивает систему инвестиций в возобновляемую энергетику.
<https://www.undp.org/kazakhstan/stories/kazakhstan-boosts-its-renewable-energy-investment-system>

передовых низкоуглеродных технологий. Приведение политики Казахстана в соответствие с мировыми стандартами устойчивого развития не только укрепит конкурентоспособность металлургического сектора, но и привлечет значительные иностранные инвестиции.

Инициативы, подобные проекту "Снижение рисков инвестиций в возобновляемые источники энергии", поддерживаемому ПРООН и Глобальным экологическим фондом⁵³, могут стать образцом для аналогичных программ, направленных на развитие и внедрение низкоуглеродных металлургических технологий. Такие проекты демонстрируют, как стратегическое партнерство и международная поддержка могут ускорить переход к устойчивому производству и способствовать достижению национальных и глобальных климатических целей.

Расширение использования возобновляемых источников энергии

Цели по внедрению возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в Казахстане играют ключевую роль в развитии рынка низкоуглеродных металлургических решений и продукции, способствуя устойчивому развитию и привлечению инвестиций в этот сектор. Во-первых, установление четких и амбициозных целей в области ВИЭ, таких как достижение 15% доли возобновляемых источников в общем объеме производства электроэнергии к 2030 году⁵⁴, демонстрирует приверженность Казахстана декарбонизации. Это привлекает как отечественных, так и международных инвесторов, которые ищут стабильные и перспективные рынки. Такая определенность в политике снижает инвестиционные риски и стимулирует частный сектор к разработке и внедрению технологий возобновляемой энергетики^{Error! Bookmark not defined.}.

Эти цели создают устойчивый спрос на низкоуглеродные энергетические решения, стимулируя развитие смежных отраслей и технологий. Это, в свою очередь, поддерживает формирование местных цепочек поставок и накопление экспертизы в низкоуглеродной металлургии и других связанных секторах, способствуя диверсификации экономики и созданию новых рабочих мест^{Error! Bookmark not defined.}.

Кроме того, цели по внедрению ВИЭ соответствуют глобальным целям устойчивого развития, что укрепляет позиции Казахстана на международных рынках и в торговых партнерствах. В условиях, когда мировые рынки все больше ориентируются на экологически чистую и низкоуглеродную продукцию, Казахстан может выиграть от усиленного внимания к возобновляемым источникам энергии. Это обеспечит соответствие металлургической и промышленной продукции страны растущим стандартам устойчивости. Такой подход не только повысит конкурентоспособность казахстанской продукции, но и создаст новые экспортные возможности, способствуя развитию устойчивого рынка низкоуглеродных энергетических решений.

⁵³ ПРООН, 2020. Снижение рисков для инвестиций в возобновляемые источники энергии. <https://www.undp.org/publications/derisking-renewable-energy-investment>.

⁵⁴ Казахстанский юридический обзор, 2023. Практический трансграничный взгляд на законодательство о возобновляемых источниках энергии Renewable Energy 2023. <https://kazlawreview.kz/practical-cross-border-insights-into-renewable-energy-law-renewable-energy-2023/>

5.3.1 Воздействие Механизма пограничной корректировки выбросов углерода (СВАМ) Евросоюза

С развитием рынка низкоуглеродной металлургической продукции в Европейском союзе (ЕС) необходимо уделить особое внимание недавно созданному механизму пограничной корректировки выбросов углерода (СВАМ). Этот механизм был официально введен ЕС в мае 2023 года. Переходный период начался 1 октября 2023 года и завершится 1 января 2026 года, после чего СВАМ начнет применяться с финансовыми последствиями. СВАМ представляет собой форму углеродного регулирования, направленного на поддержку сокращения выбросов углекислого газа в ЕС. В отличие от действующей системы торговли выбросами ЕС (EU ETS), которая распространяется на страны-члены ЕС, СВАМ применяется к товарам, произведенным за пределами ЕС. Импортёры таких товаров будут обязаны платить углеродный налог, если продукция была произведена в странах с менее строгой углеродной политикой. Это окажет влияние на металлургическую продукцию, экспортируемую из Казахстана в ЕС, в частности на алюминий.

Цена на углерод в рамках СВАМ будет привязана к цене на углерод в системе EU ETS, которая является основным инструментом климатической политики ЕС и направлена на стимулирование низкоуглеродных инвестиций. EU ETS представляет собой крупнейшую в мире систему торговли квотами на выбросы углерода, охватывающую около 45% выбросов парниковых газов в ЕС, включая более 11 000 энергоёмких установок (электростанции, заводы, нефтеперерабатывающие предприятия, коксовые печи и другие) и авиакомпании, осуществляющие перевозки между странами-участниками системы.

Цена на углеродные квоты в рамках EU ETS колеблется (на данный момент превышает 60 евро за тонну CO₂) и зависит от таких факторов, как рыночный спрос и предложение, политические решения и общая экономическая ситуация.

СВАМ предусматривает, что импортные товары будут облагаться углеродным налогом, эквивалентным тому, который бы применялся, если производители участвовали в EU ETS. При этом углеродный след продукции, импортируемой в ЕС, должен облагаться по той же цене, что и продукция европейских производителей. Если в стране-экспортере действует своя система торговли квотами на выбросы углерода, стоимость выбросов по этой системе будет вычитаться из углеродного налога, применяемого при импорте в ЕС.

Этот механизм предоставляет Казахстану возможность минимизировать потери от СВАМ, если производители-экспортёры будут участвовать в национальной СТВ с ценами на углерод, сопоставимыми с европейскими. Хотя казахстанские производители все равно столкнутся с дополнительными издержками, связанными с производством высокоуглеродной продукции, более высокая цена на углерод в рамках национальной СТВ имеет ключевое преимущество: доходы остаются внутри страны и могут быть направлены на поддержку декарбонизации казахстанской промышленности. В случае СВАМ эти доходы будут поступать в бюджет Европейского союза.

Уровень СВАМ в процентном выражении зависит от углеродоемкости производства и остается значительным для ключевых экспортных товаров Казахстана. Примерно 45% от общего объема экспорта Казахстана по стоимости направляется в ЕС. Основная часть приходится на сырую нефть (41%), которая, вероятно, не будет охвачена СВАМ в ближайшем будущем Error! Bookmark not defined.

Производство алюминия, составляющее значительную часть покрываемого экспорта Казахстана в ЕС, подвержено воздействию СВАМ, поскольку около 30% экспорта алюминия (на сумму около 200 млн долларов США в год) направляется в ЕС. Удельная интенсивность выбросов (соотношение веса эмиссий ПГ к стоимости продукции, прим.перев.) казахстанского производства цветных металлов, включая алюминий, составляет 615 т CO₂ на миллион долларов США, что значительно выше, чем у ЕС (122 т CO₂) и Китая (489 т CO₂ на миллион долларов США) Error! Bookmark not defined.. Если СВАМ будет расширен, он может затронуть нефтепродукты, которые составляют 25% годового экспорта Казахстана в ЕС на сумму более одного млрд долларов США, а также химикаты и продукцию черной металлургии. Хотя определённые товары из этих секторов уже подпадают под действие СВАМ, другие, такие как ферросплавы, в настоящее время исключены, но могут быть включены в будущие расширения механизма.⁵⁵

Моделирование Всемирного банка⁵² показало, что введение СВАМ окажет особенно сильное воздействие на некоторые отрасли промышленности, поэтому может потребоваться целевая поддержка для перехода этих отраслей на производство с меньшими выбросами, альтернативные виды продукции или новые рынки. В исследовании сделан вывод: "Экспорт Казахстана в ЕС по товарам, подпадающим под действие СВАМ, может сократиться почти на 1,8 млрд долларов США в случае расширения СВАМ, по сравнению с базовым сценарием, в котором СВАМ отсутствует. Влияние на отдельные секторы будет значительно различаться. Согласно «текущему предложению» СВАМ: экспорт железа и стали ("черных металлов") может сократиться на 38% к 2035 году, а при "расширенном СВАМ" этот показатель превысит 65%, что составит почти 650 млн долларов США в стоимостном выражении. Экспорт алюминия в ЕС при «текущем предложении» СВАМ может уменьшиться на 4%, что приведет к потере почти 60 млн долларов США. При «расширенном СВАМ» снижение может достичь 16%, что эквивалентно более 250 млн долларов. Экспорт нефтепродуктов и химикатов также может сократиться почти на 30% в случае их включения в «расширенный СВАМ».

Текстовый блок 2: Функционирование СВАМ с 2026 года и далее.

Начиная с 2026 года, СВАМ будет работать следующим образом:

- Товары, подпадающие под действие СВАМ, могут быть ввезены на таможенную территорию Союза (ТАУ) только уполномоченными декларантами. Импортёры должны зарегистрироваться в национальных органах ЕС, где они смогут приобрести сертификаты СВАМ. Стоимость сертификатов будет определяться на основе недельных цен на углеродные квоты в рамках ETS (выраженных в евро за тонну выбросов CO₂). Это обеспечит равенство углеродной цены для импортной и отечественной продукции, не подрывая климатические цели ЕС. СВАМ разработан с учетом соответствия правилам ВТО.
- Импортёры обязаны до 31 мая каждого года декларировать объем импортированной в ЕС продукции за предыдущий год и объем выбросов, связанных с этой продукцией.

⁵⁵ ESOJER, 2024. Государственное регулирование парниковых газов в Республике Казахстан

Одновременно они должны представить количество сертификатов СВАМ, соответствующее количеству парниковых газов, воплощенных в продукции.

- Поэтапная отмена бесплатного распределения квот в рамках ETS будет происходить параллельно с поэтапным введением СВАМ в период 2026–2034 годов. В случаях, когда импортеры могут доказать, что углеродный налог уже был уплачен в стране производства импортируемой продукции, соответствующая сумма может быть вычтена из их окончательного счета-фактуры.

Источник: Испанское налоговое агентство, 2024 год ⁵⁶

Будущее системы торговли выбросами Европейского союза (EU ETS) зависит от множества факторов, включая политические решения, технологический прогресс и глобальные экономические условия. Однако можно выделить несколько ключевых тенденций и прогнозов:

- Рост цены на углерод: Ожидается, что со временем цена на выбросы углекислого газа будет увеличиваться из-за постепенного сокращения лимитов и растущего дефицита квот. Это будет стимулировать инвестиции в низкоуглеродные технологии и энергоэффективные решения. Согласно одному из прогнозов, цена на углерод в EU ETS может достигнуть 142,3 доллара США за тонну к 2035 году, после чего стабилизируется. Хотя это лишь один из возможных сценариев, общая тенденция к росту цен на CO₂ остается вероятной.
- Интеграция СВАМ: Ожидается, что механизм пограничной корректировки углеродных выбросов (СВАМ) будет интегрирован с EU ETS, чтобы обеспечить равные углеродные затраты на импортные и отечественные товары. Это предотвратит утечку углерода и усилит конкурентоспособность европейской промышленности.
- Международное согласование: ЕС, вероятно, будет стремиться к согласованию своего углеродного ценообразования с международными усилиями, включая возможное связывание EU ETS с другими углеродными рынками. Это может способствовать разработке глобальных механизмов углеродного ценообразования.
- Технологические инновации: EU ETS, вероятно, останется важным инструментом для стимулирования технологических инноваций, поскольку компании будут вынуждены сокращать свой углеродный след и соответствовать требованиям системы.

Важно помнить, что эти прогнозы основаны на текущей политике и рыночных условиях. Изменения в законодательстве, международных соглашениях или неожиданные экономические события могут существенно повлиять на траекторию развития EU ETS. Для получения актуальной информации рекомендуется регулярно обращаться к последним отчетам Европейской комиссии,

⁵⁶ Испанское налоговое агентство, 202. СВАМ. https://sede.agenciatributaria.gob.es/Sede/en_gb/aduanas/prohibiciones-restricciones-operaciones-comercio-exterior-carbono/mecanismo-ajuste-frontera-carbono/funcionamiento-cbam.html

экологических агентств и финансовых институтов, специализирующихся на климатической политике и углеродных рынках.

5.3.1.1 Требования для подачи заявки в СВАМ

С 1 января 2026 года импорт товаров, подпадающих под действие СВАМ, в ЕС будет возможен только через авторизованных декларантов. Компании, планирующие импортировать такие товары, смогут подать заявку на получение статуса уполномоченного декларанта СВАМ начиная с 31 декабря 2024 года.⁵⁷

Статус уполномоченного декларанта СВАМ присваивается национальным компетентным органом государства-члена ЕС, в котором зарегистрирована компания-заявитель. Для получения этого статуса компания должна соответствовать следующим критериям:

- Заявитель не был вовлечен в серьезные нарушения таможенного законодательства, налоговых правил или правил, регулирующих злоупотребления на рынке.
- Компания демонстрирует финансовую и операционную способность выполнять обязательства СВАМ.
- Заявитель зарегистрирован в государстве-члене ЕС, где подается заявка.
- Компании присвоен номер EORI (регистрации и идентификации экономических операторов).
- Для подтверждения операционной способности выполнять обязательства по СВАМ компаниям необходимо до 2026 года принять соответствующие операционные и правовые меры. В переходный период, до 31 декабря 2025 года, импорт товаров СВАМ может осуществляться через непрямого таможенного представителя вместо уполномоченного декларанта СВАМ.

Европейская комиссия опубликовала подробную информацию о СВАМ на своем официальном сайте⁵⁸. Кроме того, ЕС предоставляет помощь развивающимся странам, таким как Казахстан, в виде руководства по внедрению СВАМ и технической поддержки для "зелёного" перехода⁵⁹.

⁵⁷ Dentons, 2024 год. Механизм пограничной корректировки углеродных выбросов ЕС (СВАМ) применяется уже сейчас. <https://www.dentons.com/en/insights/articles/2024/february/21/the-eu-carbon-border-adjustment-mechanism-cbam-applies-now>

⁵⁸ Европейская комиссия, 2024 год. Механизм пограничной корректировки углеродных выбросов. https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

⁵⁹ [Европейская комиссия, 2024 год. СВАМ и развивающиеся страны / НРС.](#)

Для соседних с ЕС стран существует множество специальных инициатив и проектов, связанных с СВМ, которые могут быть полезны для Казахстана. Среди таких программ:

- EU4Energy:⁶⁰ Программа, направленная на содействие переходу к экологически чистой энергетике и расширение возможностей потребителей за счет совершенствования регулирования в странах Восточного партнерства
- EU4Climate:⁶¹ Инициатива, оказывающая поддержку правительствам шести стран Восточного партнерства ЕС (Армения, Азербайджан, Беларусь, Грузия, Республика Молдова и Украина) в принятии мер по борьбе с изменением климата, создании низкоуглеродной экономики и повышении устойчивости к изменению климата.
- Энергетическое сообщество:⁶² Программа, предоставляющая поддержку странам-членам Энергетического сообщества в адаптации к требованиям СВМ.

⁶⁰ EU NEIGHBOURS east, 2024. EU4Energy-Promoting the Clean Energy Transition-Empowering Consumers through Better Regulation. <https://euneighbourseast.eu/projects/eu-project-page/?id=1508>.

⁶¹ Европейский союз, 2024 год. Веб-страница EU4 Climate. <https://eu4climate.eu/>.

⁶² Энергетическое сообщество, 2024 год. Готовность СВМ. <https://www.energy-community.org/implementation/package/CBAM.html>

6 ПРИМЕНИМОСТЬ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Декарбонизация металлургической промышленности представляет собой сложную задачу, обусловленную высокой углеродоемкостью производственных процессов. Зависимость от ископаемого топлива как основного источника энергии и использование углерода в качестве восстановителя при плавке способствуют значительным выбросам углерода. Кроме того, негативное воздействие металлургической деятельности на окружающую среду, включая загрязнение воздуха и воды, подчеркивает необходимость перехода к более экологически устойчивым методам производства. Усиление нормативного давления со стороны правительств и растущий спрос потребителей на экологически чистую продукцию также ускоряют внедрение более чистых технологий в отрасли.

Как отмечает Всемирный экономический форум⁶³, "во всем мире предпринимаются усилия по достижению нулевых выбросов углерода. Реализуются стратегии декарбонизации, создаются технологические партнерства, запускаются низкоуглеродные пилотные проекты и проводятся дискуссии о зелёных продуктах и премиальном ценообразовании. Однако большинство преобразующих технологий либо еще не опробованы в полном коммерческом масштабе, либо остаются слишком дорогими по сравнению с традиционными альтернативами. Их коммерческая готовность ожидается только после 2025 года."

Мировая металлургическая отрасль уже добилась значительного прогресса в разработке технологий декарбонизации. Например, по данным Wood Mackenzie⁶⁴, технология ESF (Electric Smelting Furnace) является перспективным решением для преодоления технологического разрыва при использовании низко- и среднесортных руд для производства "зелёного" железа прямого восстановления (DRI). Технология ESF позволяет преобразовывать DRI в жидкий горячий металл и интегрировать низкоуглеродные установки DRI в существующие сталеплавильные комплексы с основной кислородной печью (BOF). Это решение может значительно снизить капитальные затраты, операционную сложность и сроки реализации проектов. Ключевые события в этом направлении включают запуск Voestalpine первого промышленного пилотного завода в 2024 году и утверждение Thyssenkrupp планов строительства промышленной установки ESF мощностью 2,5 млн тонн в год. Кроме того, ожидается, что в 2024 году будет анонсировано еще несколько проектов

⁶³ WEF, 2022. Индустриальный трекер Netzero. https://www3.weforum.org/docs/WEF_NetZero_Industry_Tracker_2022_Edition.pdf.

⁶⁴ Wood Mackenzie, 2024. Прогноз по металлам. [Wood Mackenzie Metals and mining - Things to look for in 2024.pdf](#)

ESF, что откроет новые возможности для производства "зелёной" стали и может изменить представления об окончательных путях декарбонизации металлургии.

Цель данного раздела – представить обзор технологических решений для декарбонизации металлургического сектора, в частности, черной металлургии и алюминиевой промышленности. В этом разделе рассматриваются отдельные технологические варианты, их описание и показатели эффективности, а также анализируются возможности и препятствия, связанные с внедрением этих технологий.

Особое внимание уделено наилучшим доступным технологиям (НДТ), их потенциальному применению в металлургической промышленности Казахстана и текущему состоянию их использования в мире. Преимущества таких технологий значительны, однако их количественная оценка в рамках металлургической промышленности представляет собой сложную задачу. Она зависит от множества факторов, таких как конкретные условия, масштаб производства, региональные затраты на энергию, степень технологического развития и другие аспекты, что требует анализа каждого конкретного случая. Для получения точных количественных данных о выгодах требуется детальное исследование текущих операций, энергопотребления и возможностей для улучшений. Тем не менее, в данном разделе для каждой меры приведены примеры, демонстрирующие, как они могут способствовать количественным улучшениям. В заключение представлен международный статус применения НДТ в сталелитейной и алюминиевой промышленности, что позволяет оценить их прогресс и возможности интеграции в условиях Казахстана.

А. Электрификация процессов с использованием возобновляемых источников энергии

Электрификация представляет собой важный путь к декарбонизации металлургических процессов, предполагая замену ископаемого топлива электроэнергией, которая, в идеале, должна вырабатываться из возобновляемых или низкоуглеродных источников. Ниже приведены ключевые аспекты, показывающие, как электрификация может быть реализована в металлургической промышленности в рамках усилий по декарбонизации. С развитием технологий и снижением стоимости электроэнергии из возобновляемых источников электрификация металлургических процессов станет не только более жизнеспособной, но и необходимой мерой для достижения целей декарбонизации в отрасли:

- (i) Сталь: Производство стали включает извлечение железа из руды и его дальнейшее преобразование в сталь, что может быть осуществлено различными методами: (a) BF-BOF (доменная печь – кислородный конвертер), традиционный способ; (b) DRI-EAF (прямое восстановление железа-электродуговая печь, ПВЖ-ЭДП, Direct Reduced Iron – Electric Arc Furnace, *англ.*); (c) Scrap-EAF (Металлолом-ЭДП, Scrap – Electric Arc Furnace *англ.*); (d) DRI+ESF-BOF (ПВЖ+ЭДП-Кислородный конвертер, Electric Smelting Furnace – Basic Oxygen Furnace *англ.*); (e) ПВЖ (DRI, Direct Reduced Iron *англ.*) с использованием водорода или природного газа; (f) Процессы электролиза: электровиннинг и электролиз расплавленного оксида (МОЕ). Некоторые из этих процессов используют электричество для восстановления железной руды (например, электролиз) или плавки чугуна и стального лома, что исключает необходимость использования угля или кокса. Переход на технологию DRI-EAF с применением

природного газа для восстановления железа позволяет сократить прямые выбросы CO₂ более чем на 50% по сравнению с традиционной технологией BF-BOF. Например, если ранее предприятие выбрасывало 1 миллион тонн CO₂ в год, то с новой технологией объем выбросов может снизиться до менее чем 500 000 тонн. Это не только уменьшает углеродный след, но и позволяет существенно сэкономить на налогах на выбросы углерода или получить кредиты за сокращение выбросов.

Поскольку технология DRI-EAF с использованием природного газа уже доказала свою эффективность, Казахстану следует рассмотреть возможность её внедрения в ближайшее время, если это ещё не сделано.

- (ii) **Алюминий:** Алюминиевая промышленность активно изучает более эффективные технологии электролиза, такие как технология инертных анодов, с целью снижения углеродного следа производства алюминия. Этот подход предполагает замену углеродных анодов, которые расходуются в традиционном процессе Холла-Эрولта, на нерасходуемые аноды, изготовленные из различных видов керамики, борода титана (TiB₂) и других тугоплавких материалов. Традиционный процесс Холла-Эрولта заключается в электролитическом восстановлении глинозема (Al₂O₃) до алюминия в расплавленной ванне криолита (Na₃AlF₆) с использованием углеродных анодов. В процессе их расходования выделяются диоксид углерода (CO₂) и монооксид углерода (CO), что значительно увеличивает углеродный след производства. Инертные аноды, устойчивые к воздействию кислорода, устраняют выделение парниковых газов, снижая углеродное воздействие⁶⁵. Однако широкое внедрение метода инертных анодов сдерживается рядом факторов, включая высокие затраты на разработку и производство новых материалов, необходимость обеспечения долгосрочной стабильности и долговечности анодов в условиях плавки, а также решение технических и эксплуатационных вопросов, возникающих при масштабировании процесса. Корпорация Alcoa, например, разрабатывает новый процесс выплавки с использованием инертных анодов, который устраняет выбросы парниковых газов в процессе производства алюминия. Казахстан может рассмотреть возможность сотрудничества с компаниями, тестирующими данную технологию, либо создать собственный научно-исследовательский центр для разработки и адаптации этой перспективной технологии к местным условиям.
- (iii) **Медь и другие цветные металлы:** Электровиннинг и электрорафинирование представляют собой два электрохимических процесса, широко применяемых в металлургической промышленности для извлечения и очистки металлов. Оба процесса основаны на использовании электролиза и могут быть адаптированы для работы на возобновляемой электроэнергии, что значительно снижает их углеродный след.
- (iv) **Замена техники и транспортных средств, работающих на ископаемом топливе, на электрические аналоги, использующие возобновляемые источники энергии, является**

⁶⁵ <https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/resources/aluminum/pdfs/dyninertmetanodes.pdf>

важным шагом на пути декарбонизации. Этот переход включает не только разработку электромобилей (EV) и электрических машин, но и увеличение доли ВИЭ для их зарядки. Для компаний в Казахстане такой процесс должен быть постепенным, с поэтапным внедрением электрифицированной техники и увеличением доли возобновляемой энергии в энергобалансе.

В целом, электрификация обеспечивает значительные преимущества, включая сокращение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности и возможность более широкого использования ВИЭ.

Б. Энергоэффективность

Повышение энергоэффективности печей и другого оборудования может существенно снизить потребление энергии и сопутствующие выбросы парниковых газов. Это включает применение современных систем управления процессами, технологий рекуперации тепла и более эффективных методов сжигания. Для достижения максимального эффекта необходим комплексный подход, который включает в себя следующие шаги:

I. Энергетические аудиты:

- a. Выявление зон неэффективного использования энергии и потерь, что позволяет определить приоритетные направления для внедрения мер по энергосбережению.
- б. Внедрение системы энергетического менеджмента в соответствии с ISO 50001, что включает установление ключевых показателей энергоэффективности, регулярный мониторинг и постановку целей для их улучшения.

II. Энергоэффективное оборудование:

- a. Оборудование печей эффективной системой управления для снижения энергопотребления. Печи являются ключевыми элементами, используемыми для плавки, рафинирования и легирования металлов. Эффективная система управления для этих печей необходима для обеспечения оптимальной производительности, энергоэффективности и безопасности. Предполагается, что печи металлургических предприятий Казахстана оснащены системой управления, включающей: ПЛК (программируемые логические контроллеры), средства контроля параметров процесса, НМІ (человеко-машинный интерфейс) и стандартные протоколы связи. Вот некоторые ключевые элементы и технологии, которые могут быть интегрированы в систему управления печами в металлургической промышленности для создания передовой системы управления:

- Системы Advanced Process Control (APC): Используют сложные алгоритмы и данные в режиме реального времени для оптимизации работы печей за счет точной корректировки параметров процесса.
- Системы управления энергопотреблением: Оптимизируют использование энергии за счет управления нагревательными элементами печи и

повышения эффективности энергопотребления. Такие системы также помогают соблюдать экологические нормы. Их стоимость может варьироваться от нескольких тысяч до десятков тысяч долларов в зависимости от сложности.

- Автоматизация, робототехника и искусственный интеллект: Автоматизация снижает необходимость ручного вмешательства, повышая безопасность и эффективность. Робототехника может быть использована для загрузки и выгрузки материалов, а ИИ - для анализа данных и принятия решений, направленных на улучшение работы печей.
 - Экологический контроль: Включает функции управления процессом горения и обработки выхлопных газов для снижения выбросов и соблюдения экологических норм.
- б. Переход на высокоэффективные двигатели, насосы и вентиляторы позволяет значительно снизить потребление электроэнергии.
- в. Энергоэффективное освещение и системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Масштаб инвестиций в системы управления процессом относительно невелик и может составлять от нескольких тысяч до сотен тысяч долларов. Однако в случае замены существующей печи затраты могут достигать нескольких миллионов долларов. Установка новой, более эффективной системы управления печью позволяет сталелитейному заводу сократить энергопотребление на 10%. Если годовые затраты завода на электроэнергию составляют 10 миллионов долларов, такая мера может обеспечить экономию в 1 миллион долларов в год.

III. Системы рекуперации отработанного тепла позволяют улавливать и повторно использовать избыточное тепло, выделяемое в процессе производства. Это снижает энергопотребление, уменьшает затраты и минимизирует образование отходов. Основные меры включают:

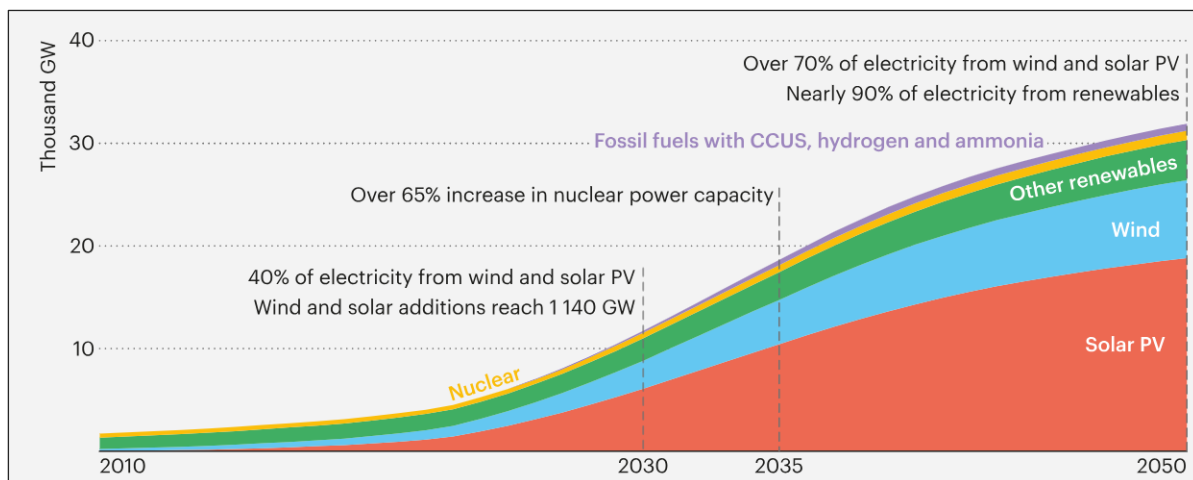
- а. Установку систем рекуперации тепла для улавливания отработанного тепла из печей с последующим его использованием в других процессах или для выработки электроэнергии.
- б. Внедрение систем когенерации (комбинированной выработки тепла и электроэнергии), что позволяет значительно повысить энергоэффективность.

Стоимость реализации таких систем варьируется от 100 000 долларов до нескольких миллионов долларов, в зависимости от масштабов производства и сложности технологических решений.

IV. Возобновляемые источники энергии:

МЭА проанализировало сценарий будущего энергетики с низким уровнем выбросов, как показано на Рисунок 4 и в Таблица 3.

Рисунок 4: Электроэнергетические мощности с низким уровнем выбросов (в мире) по источникам



Источник: МЭА 2023, Дорожная карта Net Zero

Согласно данным МЭА к 2030 году мощности возобновляемых источников энергии увеличатся в три раза благодаря солнечным фотоэлектрическим и ветровым установкам, а также развитию атомной энергетики и других источников. Это позволит повысить долю низкоэмиссионных источников в общем объеме производства электроэнергии с 39% в 2022 году до 71% в 2030 году, с перспективой достижения 100% к 2050 году.

Таблица 3: Электроэнергетические мощности с низким уровнем выбросов (в мире) с разбивкой по источникам

Milestones	2022	2030	2035	2050
Total electricity generation from low-emissions sources (TWh)	11 281	27 061	43 117	76 603
Solar PV and wind	3 416	15 247	27 362	54 679
Other renewables	5 183	7 284	9 377	13 752
Nuclear	2 682	3 936	4 952	6 015
Share of low-emissions source in total generation	39%	71%	91%	99.7%
Share of solar PV and wind in total generation	12%	40%	58%	71%
Share of renewables in total generation	30%	59%	77%	89%
Annual capacity additions of low-emissions sources (GW)	344	1 301	1 382	1 268
Solar PV	220	823	878	815
Wind	75	318	350	352
Nuclear	8	35	37	21
Average annual investment (USD billion 2022, MER)	2017-22	2023-30	2031-35	2036-50
Low-emissions	507	1 202	1 321	973
Renewables	466	1 080	1 185	875
Nuclear	41	114	121	93

Источник: МЭА 2023, Дорожная карта Net Zero

Сценарий будущего энергетики с низким уровнем выбросов, предложенный МЭА, актуален и для развивающихся стран, таких как Казахстан. Для достижения целей в области декарбонизации разумным будет следовать следующим стратегиям:

- а) Использование возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая или гидроэнергия, чтобы снизить зависимость от ископаемого топлива и уменьшить углеродный след.
- б) Приобретение "зелёной" электроэнергии или сертификатов на возобновляемые источники энергии для компенсации текущего потребления электроэнергии.
- в) Инвестирование в возобновляемые источники энергии. Казахстан планирует инвестировать 50 млрд тенге (\$110,7 млн) в возобновляемые источники энергии в 2024 году. Эти инвестиции включают девять миллиардов тенге (\$19,9 млн) на ветряные электростанции, 13 миллиардов тенге (\$28,7 млн) на солнечные электростанции и 28 миллиардов тенге (\$62 млн) на гидроэлектростанции.⁶⁶

Стоимость внедрения ВИЭ варьируется от десятков тысяч до миллионов долларов в зависимости от мощности и применяемой технологии. Согласно данным МЭА (2023 update of Net Zero Roadmap), капитальные затраты на проекты с использованием ВИЭ в странах с формирующимся рынком и развивающихся экономиках остаются как минимум вдвое выше, чем в странах с развитой экономикой. Подробное рассмотрение интеграции ВИЭ в металлургическую промышленность Казахстана приведено в Разделе 7, а влияние мер по повышению энергоэффективности на декарбонизацию металлургического сектора - в Разделе 8 настоящей «Белой книги».

Несмотря на очевидные преимущества повышения эффективности, металлургические компании могут столкнуться со следующими препятствиями:

- г) Высокие первоначальные инвестиционные затраты: Реализация энергоэффективных технологий и приобретение современного оборудования требуют значительных капиталовложений, что может сдерживать компании от внедрения таких мер.
- д) Сопротивление изменениям: Нежелание сотрудников и руководства адаптироваться к новым процедурам, технологиям или практикам может замедлить внедрение эффективных решений.
- е) Отсутствие опыта: Недостаток технических знаний и ресурсов, необходимых для эффективного внедрения мер по повышению энергоэффективности, может стать серьезным барьером для прогресса.

⁶⁶ The Astana Times, 2024. [Kazakhstan to Allocate Over \\$110 Million Investment in Renewable Energy in 2024](#)

В. Операционная эффективность

Повышение операционной эффективности может быть достигнуто за счет оптимизации процессов, сокращения отходов и оптимизации использования ресурсов, как описано ниже,

- I. Оптимизация процесса: Как уже упоминалось выше в разделе "Энергоэффективное оборудование", она включает в себя:
 - а. Внедрение передовых систем управления технологическими процессами для оптимизации работы печей, снижения энергопотребления и повышения качества продукции.
 - б. Использование автоматизации и робототехники для повышения производственной эффективности, улучшения безопасности и сокращения трудозатрат.
 - в. Применение аналитики данных в режиме реального времени для мониторинга и корректировки процессов, обеспечивая их максимальную эффективность.

Оптимизация технологического процесса может увеличить производительность завода на 20%. Например, если завод ранее производил 500 000 тонн алюминия в год, оптимизация может позволить увеличить этот показатель до 600 000 тонн, что потенциально приведет к росту выручки на тот же процент, при условии, что рынок способен поглотить дополнительный объем продукции. Кроме того, улучшенное управление технологическими процессами может снизить количество дефектов на 10%. Для завода, где стоимость брака составляет 20 млн долларов в год, это означает экономию 2 млн долларов ежегодно.

II. Лучшая практика технического обслуживания:

- а. Внедрение стратегий предиктивного обслуживания с использованием датчиков и устройств Интернета вещей (IoT) для выявления проблем оборудования до их перерастания в серьезные неисправности или неэффективность. Такие системы мониторинга помогают отслеживать энергопотребление, выявлять потенциальные проблемы и принимать решения на основе данных для повышения общей эффективности.
- б. Регулярное техническое обслуживание оборудования для обеспечения его оптимальной производительности и снижения риска поломок. Предиктивное обслуживание может сократить внеплановые простои на 30%. Например, если 100 часов простоя в год обходятся предприятию в 10 000 долларов за час, экономия составит 300 000 долларов ежегодно.

Кроме того, предиктивное обслуживание может продлить срок службы критически важного оборудования на 20%. Для оборудования, замена которого стоит 20 миллионов долларов, это позволяет отложить капитальные затраты на сумму 4 миллиона долларов.

III. Обработка материалов:

- а. Применение конвейерных лент вместо грузовиков для внутренних перевозок с целью сокращения расхода топлива.
- б. Оптимизация систем перемещения материалов для уменьшения энергопотребления при транспортировке сырья и готовой продукции. Переход на системы транспортировки, работающие на основе возобновляемых источников энергии.
- в. Декарбонизация транспортировки руды от рудника до завода остается сложной задачей, так как на данный момент отсутствуют технологически и экономически эффективные альтернативы. Однако ожидается, что в ближайшие годы это станет возможным благодаря снижению технологических затрат и развитию соответствующей инфраструктуры. Перспективные технологии на стадии пилотирования включают использование высокотоннажных карьерных грузовиков с электрическими силовыми установками, работающими на аккумуляторах и/или водороде, а также применение альтернативных транспортных тележек.
- г. Устойчивое управление цепочками поставок является ключевым элементом декарбонизационных усилий, поскольку оно охватывает весь жизненный цикл продукции и услуг – от добычи сырья до утилизации в конце срока службы. Этот процесс предполагает интеграцию экологических, социальных и экономических аспектов в цепочку поставок для обеспечения ее устойчивого функционирования. Кроме того, устойчивое управление цепочками поставок играет важную роль в обеспечении этичности поставок и удовлетворении требований потребителей к прозрачности и подотчетности.

IV. Принципы бережливого производства, направленные на устранение отходов, улучшение технологических процессов и максимизацию ценности для клиентов:

- а. Снижение уровня брака за счет усиления контроля над процессами и улучшения управления качеством.
- б. Реализация программ переработки для восстановления и повторного использования материалов, таких как шлак, пыль и другие побочные продукты. Переработка и уменьшение количества лома может сократить затраты на сырье на 15%. Для завода с годовыми расходами на сырье в 50 миллионов долларов это означает экономию в размере 7,5 миллиона долларов. Эффективные методы управления отходами могут сократить затраты на их утилизацию на 40%. При годовых расходах на вывоз отходов в 2 миллиона долларов это может дать экономию в 800 000 долларов.
- в. Внедрение водосберегающих технологий на всей территории предприятия. Такие технологии способны сократить потребление воды на 25%. Если завод ежегодно расходует на воду 500 000 долларов, экономия может составить 125 000 долларов в год.

V. Обучение и вовлечение сотрудников:

- а. Проведение обучения энергоэффективным методам.
 - б. Активное вовлечение сотрудников в процесс совершенствования, что способствует появлению инновационных идей, повышению мотивации, формированию культуры энергосбережения, а также развитию навыков постоянного обучения и профессионального роста.
- Улучшение операционной эффективности, достигнутое благодаря этим мерам, может не только повысить производительность, но и позволить компаниям более эффективно удовлетворять потребности клиентов, обеспечивая себе конкурентное преимущество на рынке.

Г. Водород

Одной из перспективных технологий декарбонизации металлургической отрасли является использование водорода в качестве восстановителя, что позволяет значительно снизить её воздействие на окружающую среду. Водород способен заменить углерод в процессе восстановления металлических руд, образуя в качестве побочного продукта только водяной пар, без выбросов парниковых газов. В металлургической промышленности водород рассматривается и используется следующим образом:

- Прямое восстановление железной руды: Водород применяется для прямого восстановления железной руды до железа без использования кокса (углеродосодержащего материала). Этот метод позволяет значительно снизить углеродный след процесса.
- Электродуговые печи (EAF): В процессе производства стали в электродуговой печи стальной лом переплавляется и рафинируется. Водород и древесный уголь в качестве углеродсодержащей добавки могут использоваться в электродуговых печах вместо природного газа для дальнейшего сокращения выбросов.
- Впрыск в доменную печь: Водород можно впрыскивать в доменные печи в качестве дополнения к коксу. Это позволяет снизить углеродоемкость доменного процесса, хотя такой подход является промежуточным этапом на пути к полной декарбонизации.
- Использование водорода в производстве алюминия: «Зелёный» водород может применяться как экологически чистое топливо, заменяя ископаемое топливо для обеспечения тепловой энергии, необходимой в для производства алюминия. Также водород может использоваться в качестве восстановителя или защитной атмосферы, предотвращая окисление алюминия во время плавки⁶⁷.

⁶⁷ Hydro, 2024. Первая в мире партия переработанного алюминия с использованием водородного топлива.
<https://www.hydro.com/en/global/media/news/2023/worlds-first-batch-of-recycled-aluminium-using-hydrogen-fueled-production/>

- Электромобили на топливных элементах (FCEV): Водородные электромобили могут заменить дизельные грузовики для транспортировки металлов и руд, таких как глинозем и алюминий, что позволит дополнительно сократить углеродный след отрасли.

Водород может быть:

- а) «Зелёный», если он производится методом электролиза воды с использованием возобновляемой электроэнергии;
- б) «Серый», если он вырабатывается из ископаемого топлива, преимущественно из природного газа, с помощью процесса парового риформинга метана (SMR), который широко применяется в настоящее время;
- в) «Коричневый», если он получен путем газификации угля;
- г) «Голубой», если он производится по методу б или с использованием технологий улавливания и хранения углерода (УХУ).

Для металлургии предпочтительнее использование «зелёного» водорода, а затем «голубого» водорода, главным образом из-за их потенциала по снижению углеродного следа. «Зелёный» водород полностью исключает выбросы и является самым экологически чистым вариантом для борьбы с изменением климата. Однако его широкое внедрение сталкивается с такими вызовами, как высокая стоимость производства и недостаточная инфраструктура. Несмотря на эти трудности, водород обладает значительным потенциалом для декарбонизации металлургической промышленности. Интерес к водородным технологиям и инвестиции в их развитие продолжают расти в рамках глобальных усилий по борьбе с изменением климата.

Согласно данным МЭА (см. Таблица 4.), если заявленные проекты по производству водорода с низким уровнем выбросов будут реализованы, их объем достигнет 55% от уровня, предусмотренного сценарием NZE (нулевой углеродный баланс выбросов и поглощений) к 2030 году. Прогнозируется, что начиная с 2030 года «зелёный» водород займет доминирующее положение, составляя более двух третей производства водорода. В настоящее время спрос на водород остается относительно низким (430 млн тонн H₂) из-за ограниченного применения. Для стимулирования инвестиций в проекты по производству водорода с низким уровнем выбросов необходимы решительные политические меры, направленные на создание устойчивого спроса.

В рамках политики декарбонизации немецкая компания Thyssenkrupp AG планирует заменить доменные печи на печи прямого восстановления и плавки (электроплавильные печи, ESF – electric smelting furnace, *англ.*) или электродуговые печи (ЭДП, EAF). Для реализации проекта по производству «зелёного» водорода правительство Германии выделило компании Thyssenkrupp 2 миллиарда евро, к которым добавится еще один миллиард евро инвестиций от самой компании. В настоящее время Thyssenkrupp не имеет действующего завода по производству "зелёной" стали, однако компания протестировала эту концепцию, вдувая водород в одну из 28 форсунок на своей доменной печи.

Другая немецкая компания, HуIron, построила демонстрационный завод DRI в Лингене для производства железа с использованием водорода. Цель HуIron – внедрение новой технологической концепции для глобального производства "зелёного" железа.

- Технология HуIron позволяет повторно использовать H₂O, образующуюся в процессе DRI, что минимизирует потребление воды, необходимой для электролиза.
- В настоящее время компания строит крупный завод в Намибии, где много солнечной энергии и железных руд. Этот проект, если будет успешен, произведет революцию в использовании водорода в производстве железа и стали.

Казахстан, обладая богатыми запасами железной руды, обширными территориями и значительным количеством солнечных дней летом, может рассмотреть возможность раннего выхода на рынок водорода и "зелёного" железа.

Таблица 4: Сценарий производства водорода

Milestones	2022	2030	2035	2050
Total hydrogen demand	95	150	215	430
Refining (Mt H ₂)	42	35	26	10
Industry (Mt H ₂)	53	71	92	139
Transport (Mt H ₂ -eq, including hydrogen-based fuels)	0	16	40	193
Power generation (Mt H ₂ -eq, including hydrogen-based fuels)	0	22	48	74
Other (Mt H ₂)	0	6	10	14
Share of total electricity generation	0%	1%	1%	1%
Low-emissions hydrogen production (Mt H₂)	1	70	150	420
From low-emissions electricity	0	51	116	327
From fossil fuels with CCUS	1	18	34	89
Cumulative installed electrolysis capacity (GW electric input)	1	590	1 340	3 300
Cumulative CO₂ storage for hydrogen production (Mt CO₂)	11	215	410	1 050
Hydrogen pipelines (km)	5 000	19 000	44 000	209 000
Underground hydrogen storage capacity (TWh)	0.5	70	240	1 200

Источник: МЭА 2023, Дорожная карта Net Zero

Д. Биоэнергетика и биомасса

Использование биомассы и биоэнергетических источников может значительно сократить углеродный след металлургических процессов и снизить зависимость от ископаемого топлива. Вот основные способы применения биоэнергии и биомассы в металлургической промышленности:

- Биомасса как источник топлива: Биомасса, такая как древесная щепа, пеллеты, сельскохозяйственные отходы и энергетические культуры, может использоваться в качестве прямой замены угля и других видов ископаемого топлива в промышленных печах и котлах.

Это помогает сократить выбросы парниковых газов, включая диоксид углерода (CO₂), поскольку углерод, выделяющийся при сгорании, входит в естественный углеродный цикл.

- **Биоэнергия для производства тепла и электричества:** Биоэнергия может обеспечивать тепловую и электрическую энергию, необходимые для металлургических процессов. Например, биогаз, получаемый из органических отходов, может использоваться в комбинированных теплоэнергетических установках (ТЭЦ), вырабатывающих электричество и тепловую энергию для промышленных нужд.
- **Переработка отходов в энергию:** В процессе металлургического производства могут образовываться органические отходы. Превращение этих отходов в биоэнергию позволяет замкнуть цикл потребления ресурсов, обеспечивая дополнительный источник энергии и сокращая объемы отходов.
- **Устойчивые цепочки поставок:** Использование биомассы из устойчиво управляемых лесов и сельскохозяйственных угодий способствует развитию сельских районов и устойчивому землепользованию. Это позволяет предотвратить конкуренцию с продовольственным производством и минимизировать риск обезлесения.

Согласно прогнозам, в 2050 году общее предложение биоэнергии в мире увеличится на 48% по сравнению с уровнем 2022 года, как показано в Таблица 5.

Таблица 5: Общее предложение биоэнергии (в мире)

Milestones	2022	2030	2035	2050
Total bioenergy supply (EJ)	67	74	89	99

Источник: МЭА 2023, Дорожная карта Net Zero

Промышленность также сталкивается с экономическими и техническими вызовами, связанными с использованием возобновляемых ресурсов. Во всем мире растет интерес к разработке биоэнергетических решений для металлургической отрасли, особенно в регионах с богатой биомассой, которые взяли на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов. Европа играет ведущую роль в этих усилиях, в то время как страны Северной и Южной Америки, а также Азии активно изучают возможности биоэнергетики для декарбонизации своих промышленных процессов.

Е. Циркулярная экономика

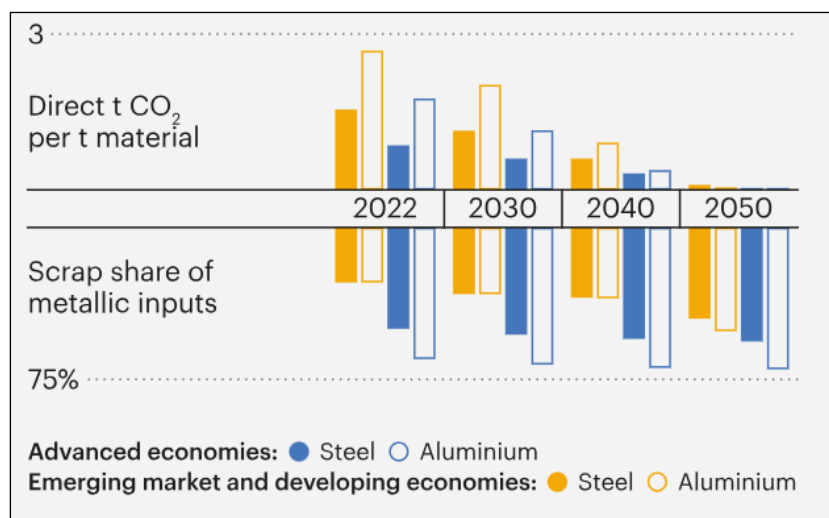
Принципы циркулярной экономики акцентируют внимание на переработке и повторном использовании материалов с целью минимизации отходов и рационального потребления ресурсов. В металлургической отрасли внедрение таких подходов включает восстановление и переработку металлических отходов, применение систем замкнутого цикла и проектирование продукции с учетом возможности ее вторичной переработки. Реализуя замкнутый цикл производства, компании могут сократить воздействие на окружающую среду, сберечь ресурсы и создать более устойчивую

производственную систему. Вот несколько способов реализации принципов циркулярной экономики в металлургической промышленности:

- Эффективность использования ресурсов: Оптимизация процессов для сокращения объемов необходимого сырья. Это может включать увеличение выхода готовой продукции, использование металлолома в качестве основного сырья и разработку продукции с учетом экономии материалов.
- Повторное использование и восстановление: Создание эффективных систем сбора и переработки металлических изделий после завершения их жизненного цикла. Это позволяет извлекать ценные материалы и возвращать их в производственный процесс, снижая зависимость от первичных ресурсов.
- Сотрудничество и партнерство: Взаимодействие с поставщиками, клиентами и другими заинтересованными сторонами для создания сетей сотрудничества, направленных на обмен материалами и оптимизацию материальных потоков.
- Устойчивые методы добычи: В рамках первичного производства использование экологически безопасных методов добычи, которые минимизируют негативное воздействие на окружающую среду, способствуют восстановлению земель и сохранению биоразнообразия.
- Оценка жизненного цикла: Применение анализа жизненного цикла продукции для понимания и минимизации экологического воздействия металлургической продукции на всех этапах ее жизненного цикла, что способствует более устойчивым практикам.

Например, успешное применение принципов циркулярной экономики в сталелитейной и алюминиевой промышленности уже приносит свои результаты. Расширение использования высокосортного лома в сталелитейной отрасли за счет его переработки является одним из ключевых факторов, способствующих декарбонизации. Ожидается, что повторное использование металлолома будет увеличиваться как в развитых, так и в развивающихся странах, как показано на графике МЭА ниже (Рисунок 5), хотя в развитых странах этот показатель остается выше. Доля лома в производстве алюминия значительно выше, чем в производстве стали. При этом удельная интенсивность выбросов (т CO₂/т материала) также снижается, и к 2050 году она будет практически равна нулю.

Рисунок 5: Удельная Интенсивность выбросов ($t\ CO_2/t$ продукции) и доля использование металлолома в сталелитейной и алюминиевой промышленности



Источник: МЭА 2023, Дорожная карта Net Zero

Внедрение циркулярной экономики в металлургической промышленности требует системных изменений в подходах к производству и потреблению. Это предполагает не только внедрение технологических инноваций, но и пересмотр бизнес-моделей, изменение поведения потребителей и адаптацию политических рамок. Международный опыт в этой области выглядит следующим образом:

1. **Европа:** ЕС установил амбициозные цели по повторному использованию материалов в металлургии и финансирует исследовательские проекты, направленные на устойчивое управление материалами и развитие технологий переработки.
2. **Скандинавия:** Страны, такие как Швеция и Норвегия, с богатым опытом эффективного управления отходами, применяют передовые системы повторного использования и активно инвестируют в исследования для совершенствования решений в рамках циркулярной экономики.
3. **Китай:** Китай реализует масштабные меры по развитию циркулярной экономики в сталелитейной отрасли, включая увеличение переработки стального лома и повышение энергоэффективности производственных процессов.
4. **Соединенные Штаты:** В США сталелитейная промышленность стремится к увеличению уровня утилизации и разработке технологий для более эффективного использования материалов. Американский институт чугуна и стали (AISI) внедряет цели устойчивого развития, поддерживающие принципы циркулярной экономики.
5. **Индия:** Правительство Индии продвигает инициативы по развитию циркулярной экономики в металлургическом секторе, делая акцент на увеличении доли лома в производстве стали и улучшении инфраструктуры переработки.

6. Австралия: Австралийская сталелитейная промышленность исследует возможности внедрения практик циркулярной экономики, таких как использование переработанных материалов и разработка технологий, направленных на снижение отходов и выбросов.

Эти примеры демонстрируют, что полное внедрение циркулярной экономики в металлургическую промышленность – это сложный и длительный процесс. Тем не менее, многие страны и компании активно предпринимают шаги в этом направлении. Для создания устойчивой и ресурсосберегающей системы необходимо сочетание государственной политики, межотраслевого сотрудничества, технологических инноваций и изменений в потребительском поведении. Это также актуально для металлургической отрасли Казахстана.

Ж. Улавливание, использование и/или хранение углерода (CCUS)

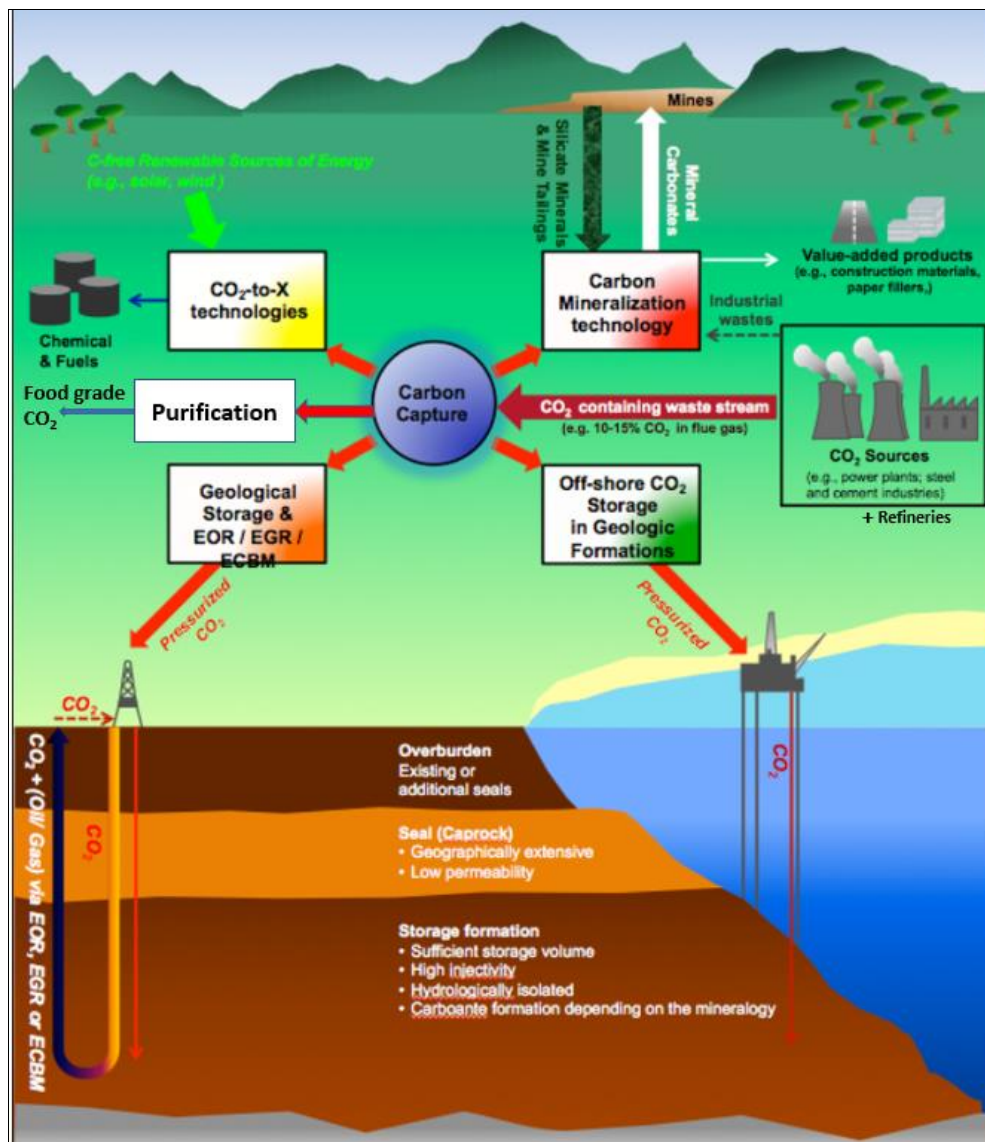
Технология CCUS (УХУ) предполагает улавливание выбросов углекислого газа, образующихся в результате промышленных процессов, с последующим использованием для производства ценных продуктов или постоянным хранением под землей (см. Рисунок 6). В металлургической промышленности УХУ может применяться для улавливания выбросов сталелитейных заводов и металлургических предприятий с использованием различных технологий, таких как улавливание до сжигания, сжигание на кислородном топливе и улавливание после сжигания. CO₂ можно улавливать из выхлопных газов доменных печей, которые являются основным источником выбросов при производстве стали, а также с заводов DRI, где природный газ или другие углеводороды используются для восстановления железной руды. Эти технологии могут быть внедрены как в модернизированных, так и в новых установках.

- Улавливание до сжигания представляет собой процесс удаления углекислого газа из ископаемого топлива до его сжигания. Эта технология особенно эффективна для применения на электростанциях с комбинированным циклом газификации (IGCC).
- При улавливании CO₂ после сжигания углекислый газ удаляется из дымовых газов, образующихся при сжигании ископаемого топлива. Типичными областями применения данной технологии являются пылеугольные установки (ПУУ), установки комбинированного цикла на природном газе (NGCC), а также промышленные процессы, в которых образуются дымовые газы с содержанием CO₂. Это делает технологию улавливания после сжигания особенно подходящей для металлургической промышленности. Разделение углекислого газа после сжигания может осуществляться с использованием растворителей, мембран, адсорбентов или их комбинаций, например, гибридов растворителей и мембран. Также применяются альтернативные технологии, такие как криогенные процессы, электрохимические мембраны или катализируемые материалы растворителей.
- Процесс кислородного сжигания включает сжигание углеродсодержащего топлива в чистом кислороде или в смеси чистого кислорода с рециркулирующими дымовыми газами, обогащенными CO₂. Этот подход требует установки воздуходелительной системы (ASU), которая позволяет обогащать среду для сжигания кислородом. В результате в потоке дымовых газов присутствует практически чистый CO₂ и водяной пар. Водяной пар при этом легко конденсируется, что упрощает отделение углекислого газа.

Уловленный CO₂ может быть использован в различных областях, включая повышение нефтеотдачи пластов (ПНП), где CO₂ закачивается в нефтяные пласты для увеличения добычи нефти. Уловленный углерод также может постоянно храниться в геологических формациях, таких как истощенные нефтяные и газовые резервуары, соленые водоносные горизонты или угольные пласты. Помимо этого, CO₂ может быть преобразован в химические вещества, топливо или другие материалы с помощью таких процессов, как минерализация или превращение в синтетическое топливо. Некоторые примеры представлены ниже:

- В 2008 году компания LanzaTech запустила пилотную установку по переработке отходящих газов сталелитейного завода в этанол на предприятии New Zealand Steel. Позже технология была внедрена в коммерческую эксплуатацию, и в 2018 году первый завод начал работу в Китае на предприятии Shougang Steel. В первый год завод произвел 30 миллионов литров этанола на продажу. Крупномасштабный завод ArcelorMittal в Генте, Бельгия, начал работу в 2022 году. После выхода на полную мощность завод Steelanol будет производить 80 миллионов литров передового этанола, что составляет почти половину текущей потребности Бельгии в передовом этаноле для смешивания топлива. Этанол может использоваться в различных областях, включая производство синтетического топлива.
- Проект Carbon2Chem компании Thyssenkrupp, направленный на производство аммиака и метанола из отходящих газов сталелитейного производства, вышел на пилотную стадию в 2018 году. Компания планирует строительство завода промышленного масштаба.
- В рамках проекта Carbon4PUR, реализуемого консорциумом из 11 партнеров по всей Европе, включая компанию ArcelorMittal, пилотируется преобразование отходящих газов сталелитейного производства в полиуретановые пенопласты и покрытия (20 т/год).
- В проекте FReSMe консорциум европейских партнеров, включая Tata Steel и SSAB, проводит пилотную переработку отходящих газов сталелитейного производства в метанол (1 т/день).

Рисунок 6: Обзор процесса улавливания, использования и/или хранения углерода (CCUS)



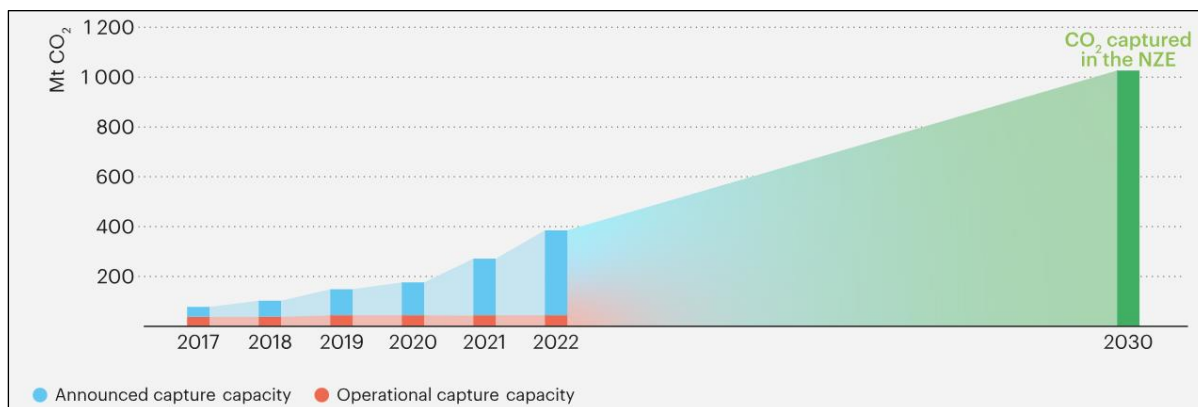
Источник: Собственная разработка (Global Factor), 2024 год

Для успешного внедрения CCUS (УХУ) необходимы подходящие места для хранения, эффективные технологии улавливания и политика, стимулирующая инвестиции в эту технологию. Основной проблемой внедрения технологий УХУ остается их высокая стоимость, что делает их экономически менее привлекательными при текущих ценах на углерод. Однако, в зависимости от затрат на улавливание и близости к местам хранения, проект УХУ может стать жизнеспособным решением для таких отраслей с трудновыводимыми выбросами, как металлургия и сталелитейная промышленность. Поэтому для металлургической отрасли Казахстана важно изучить каждый конкретный случай, чтобы принять обоснованное решение.

МЭА представило прогноз мирового развития УХУ, как показано на Рисунок 7. Очевидно, что на сегодняшний день существует значительный разрыв между заявленными и действующими

мощностями по улавливанию углекислого газа. Согласно оценкам, для достижения целей потребуется улавливать и хранить более 1 Гт CO₂ к 2030 году и более 6 Гт CO₂ к 2050 году (см. Таблица 6). Если все заявленные проекты по улавливанию CO₂ будут реализованы и текущие темпы роста сохранятся, глобальные мощности могут достичь уровня, соответствующего сценарию NZE, к 2030 году. Ускорение реализации проектов, особенно тех, которые связаны с разработкой CO₂-хранилищ, станет решающим фактором для достижения этих показателей.

Рисунок 7: Мощности по улавливанию CO₂ (глобальные)



Источник: МЭА 2023 ⁶⁸

В следующей таблице представлены глобальные мощности CCUS, которые, по оценкам МЭА, необходимы для достижения климатических целей.

⁶⁸ МЭА 2023. Дорожная карта Net Zero <https://www.iea.org/reports/CCUS#dashboard>

Таблица 6: Мощность CCUS (УХУ)

Milestones	2022	2030	2035	2050
Total CO₂ captured (Mt CO₂)	45	1 024	2 421	6 040
CO₂ capture from fossil fuels and industrial processes	44	759	1 712	3 736
Power	1	188	568	811
Industry	4	247	769	2 152
Merchant hydrogen	0	161	285	756
Other fuel transformation	38	163	90	17
CO₂ capture from bioenergy	1	185	506	1 263
Power	0	44	204	438
Industry	0	23	77	232
Biofuels production	1	114	213	474
Other fuel transformation	0	5	13	121
Direct air capture	0	80	203	1 041
Total CO₂ removed (Mt CO₂)	1	234	632	1 710

Источник: МЭА 2023⁶⁸

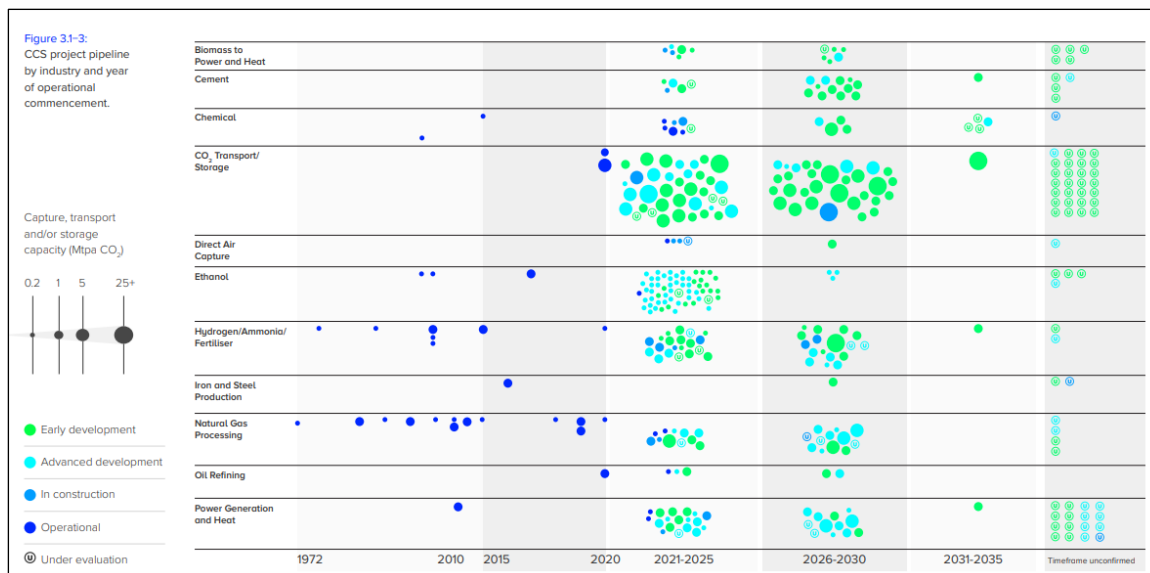
Как отметил Джарад Дэниелс, генеральный директор Global CCSI: "Климатическая математика очевидна: улавливание и хранение углерода (УХУ) и удаление углекислого газа (УУГ) должны увеличиться до гига тонн в год, чтобы уменьшить воздействие и смягчить последствия изменения климата и достичь нулевого углеродного баланса". На данный момент Глобальный институт УХУ отслеживает 41 действующий проект и 351 проект в стадии разработки по всему миру (см. Рисунок 8). Растущий интерес со стороны разработчиков проектов УХУ наблюдается в различных регионах, отраслях промышленности и сферах применения.

Согласно мнению Wood Mackenzie, "до настоящего времени большинство проектов УХУ были направлены на сокращение выбросов в электроэнергетике или при переработке природного газа. Однако в будущем мы ожидаем, что УХУ будут распространяться на другие отрасли, что станет движущей силой концепции "хаб и кластер". В рамках этой концепции центральный хаб УХУ будет перерабатывать выбросы от ряда промышленных предприятий, расположенных поблизости. Производство цемента и стали, для которых существует ограниченное количество коммерческих альтернатив ископаемому топливу, вероятно, станет ключевым направлением. Важную роль также будет играть компонент УХУ в производстве «голубого» водорода.

Несмотря на то что применение УХУ в металлургии, сталелитейной промышленности и металлургическом секторе все еще находится на ранней стадии, уже есть примеры успешных проектов. Один из них – проект ADNOC Al-Reyadah в ОАЭ, который с 2026 года улавливает 0,8 млн тонн CO₂ в год для повышения нефтеотдачи. Еще один проект в Китае для компании Baotou Steel находится на стадии оценки и предполагает улавливание 0,5 млн тонн CO₂ в год для подземного хранения.

Темпы внедрения CCUS продолжают расти, и Казахстан может рассмотреть возможность проведения технико-экономического обоснования для своих объектов, чтобы определить потенциал этой технологии в своих промышленных секторах.

Рисунок 8: Список проектов УХУ в разбивке по отраслям и годам ввода в эксплуатацию



Источник: Global CCSI, 2023⁶⁹

Краткая информация о НДТ:

Все заголовки возможных НДТ приведены в Таблица 7, включая их международный статус и применимость в Казахстане.

Таблица 7: Международный статус и применимость НДТ в Казахстане

НДТ	Международный статус	Применимость в Казахстане
А. Электрфикация:		
1. Электродуговая печь для производства стали	Зрелая технология TRL 11	Применяется
2. Инертный анод для производства алюминия	Малый прототип	Требуются исследования и разработки
3. Электровиннинг и электрорафинирование с использованием ВИЭ	Неизвестный статус	Может быть применима
4. Перевод станков и тяжелых транспортных средств на электропривод	Постепенное начало	Применяется

⁶⁹ Global CCSI, 2023. Глобальный статус CCS 2023 г и расширение масштабов до 2030 г.

В. Энергоэффективность			
5.	Системы энергетического менеджмента ISO 50001	Зрелая технология	Применимо
6.	Эффективное управление работой печи	Зрелая технология	Применимо
7.	Рекуперация отработанного тепла	Зрелая технология	Применимо
8.	Возобновляемая энергия	Неизвестный статус	Применимо
С. Операционная эффективность			
9.	Оптимизация процесса	Зрелая технология	
10.	Переодовые практики технического обслуживания		
11.	Эффективная обработка материалов		
12.	Внедрение принципов бережливого производства		
13.	Обучение персонала		
D. Водород			
14.	Производство «зелёного водорода»	Малый прототип	Требуется предварительное технико-экономическое обоснование
15.	Использование в качестве восстановителя	Малый прототип	Требуется предварительное технико-экономическое обоснование
E. Биоэнергетика и биомасса			
16.	Использование в качестве топлива	Большой прототип	Требуется технико-экономическое обоснование
17.	Производство тепла и электроэнергии	Малый прототип	Имеется технико-экономическое обоснование
F. Циркулярная экономика			
18.	Эффективность использования ресурсов	Частично применяется	
19.	Переработка и восстановление	Зрелая технология	
20.	Сотрудничество / партнерство	Находится в разработке	
21.	Устойчивая добыча полезных ископаемых	Применяется на практике	
CCUS (УХУ)			
22.	Технико-экономическое обоснование	Выполняется многими	Требуется предварительное технико-экономическое обоснование
23.	Пилотное тестирование		Параллельное пилотное тестирование

Источник: Собственная разработка (Global Factor), Всемирный экономический форум⁷⁰ и Global CCSI, 2023.⁶⁹

Международный статус НДТ для стали и алюминия согласно данным отчета Всемирного экономического форума

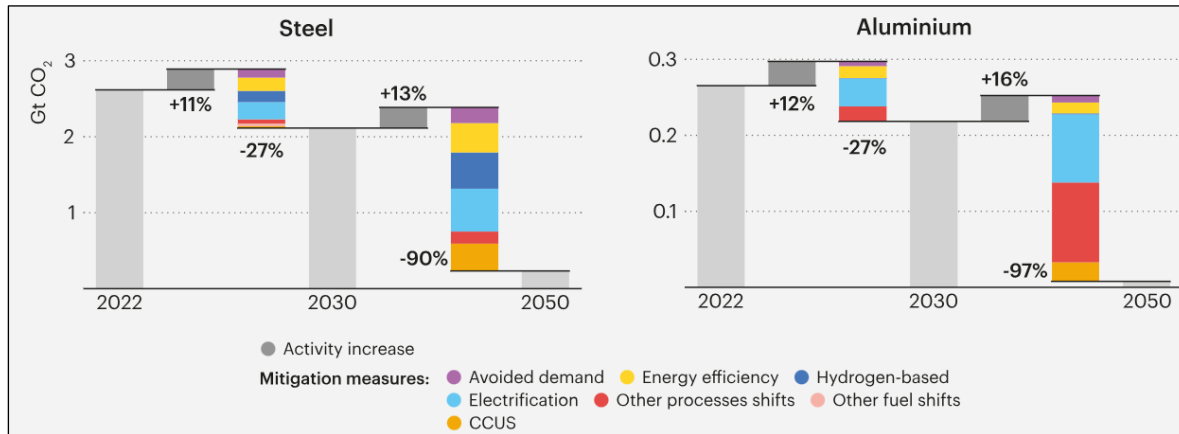
Сталь:

Существуют три основных пути декарбонизации первичного сталеплавильного производства: улавливание углерода, использование водорода и электрохимия⁷⁰.

На сегодняшний день сталелитейное производство с использованием "зелёного" водорода развивается наиболее активно, и в мире реализуется множество проектов в этой области. Ожидается, что затраты на технологии улавливания углерода и использование водорода в сталелитейной промышленности будут снижаться в течение следующего десятилетия, однако к 2030 году они все же останутся на 25-50 % выше, чем традиционные технологии. Производство стали с использованием электрохимических процессов пока не доказано в масштабах промышленного производства и, как предполагается, станет коммерчески доступным не ранее 2035 года.

МЭА представило сценарий сокращения выбросов для сталелитейной промышленности, как показано на **Error! Reference source not found.** Как видно, для достижения чистого нуля к 2050 году потребуются внедрение различных мер по снижению выбросов. Среди них электрификация, использование водорода, повышение энергоэффективности и УХУ будут играть ключевую роль в декарбонизации сталелитейной отрасли.

Рисунок 9: Сокращение выбросов ПГ газов в сталелитейной и алюминиевой промышленности



Источник: МЭА, 2023⁶⁸

Технологии низкоэмиссионного производства стали в значительной степени находятся на стадии прототипирования, а необходимую инфраструктуру для низкоуглеродной промышленности предстоит создавать практически с нуля. **Error! Reference source not found.** представлен уровень технологической готовности (TRL) технологий декарбонизации в сталелитейной промышленности. За исключением электродуговой печи (EAF) на основе лома с уровнем TRL 11,

⁷⁰ Всемирный экономический форум, 2023. Net Zero Industry Tracker 2022

все остальные технологии находятся либо на стадии малых прототипов (TRL 4-6), либо на стадии демонстрации (TRL 7-8). Однако, как уже упоминалось, немецкие компании Thyssenkrupp AG и HyIron продвигаются быстрее, чем указано в данном отчете.

Согласно отчету Всемирного экономического форума, ^{Error! Bookmark not defined.} "Хорошая новость заключается в том, что большая часть рынка может заплатить требуемую "зелёную" премию". Учитывая высокую стоимость экологически чистых технологий, ожидается, что сталь с низким уровнем выбросов будет стоить покупателям на 25-50% дороже. Для внедрения чистых технологий в сталелитейное производство потребуется более 2 триллионов долларов инвестиций в низкоуглеродную энергетику, «зелёный» водород и инфраструктуру для обработки CO₂.

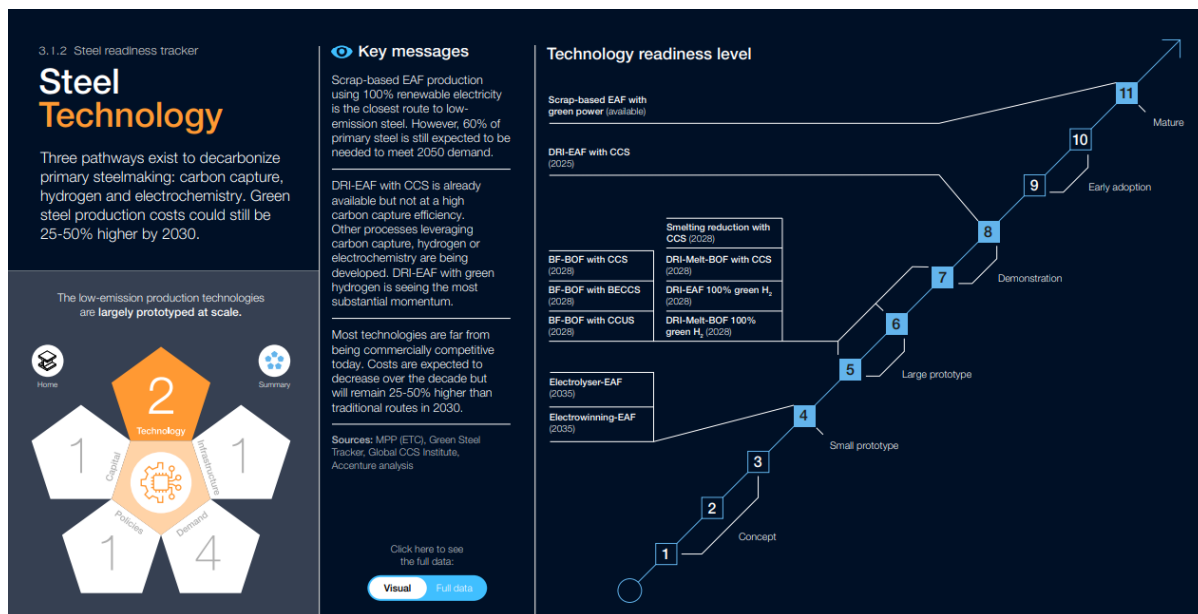
Были определены пять приоритетов для мирового сталелитейного сектора:

1. Внедрение эффективных инструментов и технологий для максимального сокращения выбросов в существующих процессах.
2. Увеличение количества проектов по снижению выбросов для ускорения процесса обучения, снижения затрат и повышения коммерческой готовности технологий производства "чистой" стали.
3. Развитие возобновляемых источников энергии, производство "зелёного" водорода, а также создание инфраструктуры для транспортировки и хранения CO₂, необходимой для производства стали с низким уровнем выбросов.
4. Усиление рыночного спроса на "зелёную" сталь для стимулирования производителей и инвесторов вкладывать средства в производственные активы с низким уровнем выбросов.
5. Разработка политики, поддерживающей реализацию указанных приоритетов, а также укрепление бизнес-обоснования для производства стали с низким уровнем выбросов.

В дополнение к этим приоритетам технологический подход для каждой НДТ производства чугуна и стали должен учитывать следующие аспекты, особенно для таких стран как Казахстан:

1. Удельное потребление материалов и энергии, а также выбросы CO₂ (по всем трём масштабам (score): 1, 2 и 3).
2. Ключевые вопросы внедрения соответствующих технологических вариантов, включая технические и практические ограничения на их установку и эксплуатацию, а также условия, необходимые для их успешного использования. Это включает в себя такие особенности, как требования к наличию высокосортной железной руды или влияние технологии на качество стали.
3. Анализ профилей затрат с учетом региональных цен на энергоносители и ресурсы.

Рисунок 10: Уровень готовности технологий производства стали



Источник: Всемирный экономический форум, 2022 *Error! Bookmark not defined.*

Алюминий:

Основным направлением декарбонизации производства алюминия является сочетание электрификации с использованием декарбонизированного электричества, перехода на водород и внедрения инертных анодов, при этом также изучается возможность улавливания углерода *Error! Bookmark not defined.* Оценка МЭА по сценарию сокращения выбросов для алюминиевой промышленности представлена на Рисунок 11. В ней показаны различные меры, которые необходимо реализовать для достижения чистого нуля к 2050 году. Основными технологиями будут электрификация и технологический переход (использование инертных анодов). Энергоэффективность и УХУ также сыграют определённую роль в декарбонизации алюминиевой промышленности.

Задача первичного алюминия состоит из двух частей: декарбонизация энергии для рафинирования и выплавки и предотвращение выбросов CO₂ в атмосферу в процессе выплавки. Путь декарбонизации объединяет два элемента: электрификацию с использованием низкоуглеродной энергии для рафинирования и плавки и использование водорода для получения тепла. Улавливание углерода также изучается, но сталкивается с серьезными проблемами (например, низкая концентрация CO₂). Сегодня декарбонизация энергетики уже позволяет сократить выбросы на 60 %, а с помощью будущих электродов и инертных анодов можно достичь до 85 %. Оценки стоимости алюминиевых технологий с низким уровнем выбросов в основном неизвестны из-за их ранней стадии зрелости, за исключением использования CCUS для тепловой энергии и технологических выбросов, что, по оценкам, повысит стоимость производства на 40%.

Декарбонизация первичного производства алюминия включает две основные задачи: сокращение углеродного следа энергии для рафинирования и выплавки, а также предотвращение выбросов CO₂

в процессе электролиза. Путь декарбонизации предполагает использование низкоуглеродной энергии для рафинирования и выплавки через электрификацию, а также применение водорода для теплогенерации. Улавливание углерода остается на стадии изучения, но сталкивается с серьезными вызовами, такими как низкая концентрация CO_2 в выбросах. На сегодняшний день декарбонизация энергетики уже позволяет сократить выбросы до 60%. Будущие технологии, такие как электроды и инертные аноды, способны довести это снижение до 85%. Однако стоимость низкоуглеродных технологий для алюминия в большинстве случаев остается неизвестной из-за их ранней стадии зрелости, за исключением технологий УХУ, которые, по оценкам, увеличат стоимость производства примерно на 40%.

Технологии низкоэмиссионного производства в значительной степени находятся на стадии прототипов, а инфраструктура для низкоэмиссионной промышленности частично создана. Ожидается, что первое коммерческое производство с низкими выбросами начнется к 2030 году. На Рисунке 11 представлен уровень технологической готовности (TRL) технологий декарбонизации в алюминиевой промышленности. За исключением декарбонизированной электроэнергии (TRL 9-11), все остальные технологии, такие как водород, УХУ, инертные аноды и механическая рекомпрессия паров, находятся на уровнях TRL 2-5. Таким образом, Казахстан может рассмотреть возможность сотрудничества с компаниями, тестирующими эти технологии, если проведение собственных НИОКР ограничено.

Также были определены пять приоритетов для алюминиевого сектора:

1. Продвижение и расширение сетей по переработке алюминия.
2. Увеличение числа проектов по снижению выбросов для ускорения процесса обучения, снижения затрат и повышения коммерческой готовности чистых технологий.
3. Развитие энергетических мощностей с низким уровнем выбросов, производство чистого водорода и создание инфраструктуры для транспортировки и хранения CO_2 , необходимой для производства алюминия с низким углеродным следом.
4. Усиление рыночного спроса на "зелёный" алюминий для стимулирования производителей и инвесторов вкладывать капитал в низкоуглеродные производственные активы.
5. Разработка политики, направленной на поддержку вышеуказанных приоритетов и укрепление бизнес-обоснования для производства алюминия с низким уровнем выбросов.

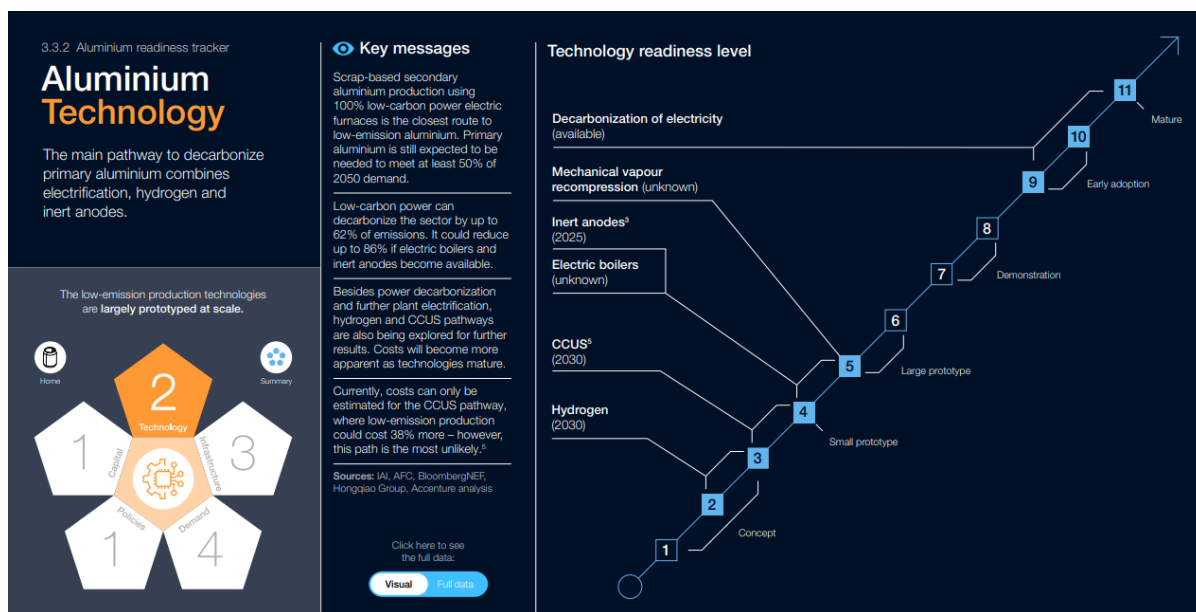
В дополнение к вышеперечисленным приоритетам, технологический подход каждого НДТ для алюминия должен включать следующие моменты, особенно для такой страны, как Казахстан:

В дополнение к этим приоритетам технологический подход для каждой НДТ в алюминиевом секторе должен учитывать следующие аспекты, особенно для таких стран как Казахстан:

1. Удельное потребление материалов и энергии, а также выбросы CO_2 (по всем трём масштабам (score): 1, 2 и 3).

2. Ключевые вопросы внедрения соответствующих технологических решений, включая технические и практические ограничения на их установку и эксплуатацию, а также условия, необходимые для их успешного применения. Это включает в себя особые требования к процессам, такие как наличие высококачественного сырья или влияние технологий на качество продукции.
3. Анализ профилей затрат с учетом региональных цен на энергоносители и ресурсы.

Рисунок 11: Уровень готовности технологий производства алюминия



Источник: Всемирный экономический форум, 2022^{Error! Bookmark not defined.}

7 ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Казахстан богат природными ресурсами, включая уголь, нефть, природный газ и уран, а также имеет значительный потенциал возобновляемых источников энергии - ветра, солнца, гидроэнергии и биомассы. Несмотря на это, в настоящее время производство электроэнергии в стране зависит от ископаемого топлива. На долю угольных электростанций приходится 75% всей выработки электроэнергии, что вызывает обеспокоенность по поводу выбросов парниковых газов и воздействия на здоровье человека и окружающую среду.

Казахстан занимает 108-е место из 139 стран по энергоёмкости ВВП, при этом наиболее энергоёмким сектором является горнодобывающая промышленность. Поскольку спрос на твердые полезные ископаемые растет во всем мире, ожидается эквивалентное увеличение общего спроса на энергию, необходимую для добычи и переработки полезных ископаемых. Это открывает перед страной возможность использовать возобновляемые источники энергии (ВИЭ), поскольку горнодобывающая промышленность обращается к более экологичным энергетическим решениям. Казахстан обладает большим природно-климатическим потенциалом возобновляемых источников энергии. Например, энергия ветра - 920 млрд кВтч/год, технически возможный гидропотенциал оценивается в 62 млрд кВтч/год, солнечная энергия в южных регионах страны достигает 2500 - 3000 часов солнечного сияния в год. Растет использование энергии ветра, солнца и биомассы, а также развиваются проекты по производству «зелёного» водорода. Горнодобывающая промышленность, являющаяся одной из самых энергоёмких отраслей, может получить значительную выгоду от внедрения возобновляемых источников энергии.

Развитие двусторонних контрактов по возобновляемым источникам энергии в Республике Казахстан имеет центральное значение для повышения уровня интеграции возобновляемой энергетики. Во-первых, необходимо обеспечить гибкий подход к развитию возобновляемых источников энергии в стране с учетом интересов потребителей и инвесторов для достижения стратегических целей по углеродной нейтральности. Возможность реализовать проекты по использованию возобновляемых источников энергии для собственных нужд и воспользоваться существующим пакетом мер поддержки возобновляемых источников энергии должна быть предоставлена всем предприятиям, независимо от формы собственности. Таким образом, развитие возобновляемых источников энергии как прямого инструмента декарбонизации экономики должно стать национальной задачей.

Одним из инструментов развития рынка возобновляемой энергетики является сегмент двусторонних PPA-контрактов на возобновляемую энергию, когда промышленное предприятие в целях снижения своего углеродного следа заключает прямой договор с производителем возобновляемой энергии на покупку "зелёной" электроэнергии. По мнению экспертов, данный

сегмент имеет большие перспективы в связи с тем, что большинство компаний реального сектора экономики приняли на корпоративном уровне стратегии, направленные на декарбонизацию производственных процессов. В целом рынок двусторонних контрактов может быть гораздо больше аукционного рынка возобновляемых источников энергии и стать драйвером для дальнейшего развития сектора и не окажет влияния на рост тарифов для населения и бизнеса страны.

Двусторонние контракты на возобновляемую энергию – это соглашение, регулирующее куплю-продажу электроэнергии между производителем возобновляемой энергии и потребителем по заранее оговоренной цене и на определённый срок. В данном случае потребителем является долгосрочный покупатель электроэнергии из возобновляемых источников.

Основной целью разработки двусторонних контрактов на возобновляемую энергию является создание возможности для покупателей самостоятельно выбирать источник производства потребляемой электроэнергии, а производитель электроэнергии на ВИЭ получает возможность планировать финансирование своей деятельности. Также следует отметить, что двусторонние контракты на возобновляемую энергию позволяют решить следующие задачи:

- Отсутствие зависимости от одного покупателя электроэнергии.
- Определение справедливой стоимости электроэнергии.
- Возможность хеджировать риски, связанные с изменениями в законодательстве, направленными на поддержку возобновляемых источников энергии, и международными требованиями по снижению выбросов углерода в окружающую среду.
- Выполнение экологических обязательств покупателем электроэнергии.
- Организация долгосрочного планирования покупки и продажи электроэнергии для покупателя и продавца соответственно.
- Одно из решений по снижению уровня негативного воздействия возобновляемых источников энергии на энергосистему.

Однако сегмент двусторонних контрактов на возобновляемые источники энергии сталкивается с рядом барьеров, которые существенно ограничивают развитие рынка:

- Неопределённость перспектив двусторонних контрактов на поставку возобновляемой энергии в свете введения модели "Единого закупщика".
- Отсутствие нормативной базы, регулирующей развитие рынка двусторонних контрактов.
- Существует проблема дополнительных требований системного оператора к наличию регулирующих мощностей для подключения таких операторов.

- Вопросы балансировки, бесплатной транспортировки и приоритетной диспетчеризации возобновляемой энергии остаются открытыми.
- Нет понимания, как финансовые институты могут кредитовать такие проекты, учитывая отсутствие механизмов снижения рисков в случае прекращения закупки электроэнергии с объектов возобновляемой энергетики промышленным предприятием.
- Возможность продажи излишков электроэнергии по двусторонним договорам Единому закупщику.
- Нет понимания того, как финансовые учреждения могут кредитовать такие проекты, учитывая отсутствие каких-либо механизмов снижения рисков в случае расторжения двустороннего договора потребителем электроэнергии - отсутствует механизм перехода таких проектов на договор с Единым закупщиком. , если промышленное предприятие перестанет покупать электроэнергию у объекта возобновляемой энергетики.
- Возможность продажи излишков электроэнергии по двусторонним договорам Единому покупателю.
- В случае расторжения двустороннего договора потребителем электроэнергии – отсутствует механизм перехода таких проектов на договор с Единым покупателем.

Текстовый блок 3: Законодательство Казахстана о ВИЭ.

В соответствии с законодательством Республики Казахстан установлены следующие нормы:

1. "О поддержке использования возобновляемых источников энергии" Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 года № 165-IV (Ст.9, п.1.)

«1) единому закупщику электрической энергии по фиксированному тарифу, действующему на дату заключения договора купли-продажи между ней и расчетно-финансовым центром, либо по аукционной цене, определённой по итогам аукционных торгов, с учетом индексации, предусмотренной пунктом 2 статьи 8-1 настоящего Закона;

2) потребителям по договорным ценам согласно заключенным двусторонним договорам и энергоснабжающим организациям по предельным тарифам в соответствии с требованиями законодательства Республики Казахстан об электроэнергетике.»

2. "Об электроэнергетике" Закон Республики Казахстан от 9 июля 2004 года № 588 (Ст.9, п.2.)

«Договоры купли-продажи электрической энергии должны содержать:

1) график суточного электропотребления;

2) порядок резервирования энергопроизводящими организациями электрической мощности.»

Однако, хотя существуют законодательные нормы, стратегические программы и несмотря на то, что одной из основных целей Закона о ВИЭ является создание благоприятных условий для производства электроэнергии как существующими, так и вновь вводимыми объектами ВИЭ, сегодня существует ряд существенных барьеров, которые влияют на дальнейшее развитие двустороннего рынка контрактов на возобновляемую энергию.

Несмотря на то, что законодательство, регулирующее развитие возобновляемых источников энергии, не исключает развития рынка двусторонних контрактов, основными барьерами для развития этого сегмента являются:

- неопределенность в отношении правил работы двусторонних контрактов на поставку возобновляемой энергии в свете введения модели «единого покупателя»;
- отсутствие «правил игры» для участников рынка в целом;
- жесткие требования системного оператора к подключению таких объектов, несмотря на то, что объекты возобновляемой энергетики не имеют прямого подключения к сети;
- вопросы балансировки, свободной транспортировки и приоритетного диспетчирования для таких проектов остаются спорными;
- возможность продажи излишков электроэнергии по двусторонним договорам одному покупателю;
- нет понимания того, как финансовые институты могут кредитовать такие проекты, учитывая отсутствие механизмов снижения рисков в случае, если промышленное предприятие перестанет покупать электроэнергию у объекта ВИЭ;
- для государственного и квазигосударственного сектора, желающего реализовать проекты в области возобновляемой энергетики, доступ к пакету мер государственной поддержки (инвестиционные, таможенные, налоговые преференции) ограничен. Предпринимательский кодекс ограничивает доли и сроки участия таких организаций в инвестиционных приоритетных проектах, и для них реализация проектов в области возобновляемой энергетики становится проблематичной;
- выделение земельных участков под двусторонние проекты в области возобновляемой энергетики.

Требования системного оператора к наличию балансирующих мощностей в рамках реализации двусторонних договоров

В соответствии с Электросетевыми правилами (п. 4, глава 2), раздел «Схема выдачи мощности электростанции» согласовывается с соответствующей организацией (энергопередающей или

энергопроизводящей), к электрическим сетям которой планируется подключение и системным оператором.

При этом системный оператор согласовывает схему выдачи мощности только при условии наличия регулирующих мощностей. Таким образом, если предполагается реализация проекта в рамках двусторонних соглашений, без поддержки через ТОО "РФЦ по ВИЭ", то необходимым условием реализации данного проекта (с учетом дефицита регулирующих мощностей в ЕЭС Казахстана, в результате чего увеличение доли нестабильных объектов ВИЭ создает угрозу снижения надежности работы ЕЭС Казахстана) является предоставление от заявителя проекта регулирования мощности с подключением к АСКУЭ и заключение соответствующего договора с АО "КЕГОС" на оказание услуг по регулированию электроэнергии в Единой энергосистеме Казахстана (проект договора прилагается). При этом маневренные генерирующие мощности, которые в настоящее время не участвуют в энергобалансе ЕЭС Казахстана, должны быть представлены в качестве регулирующих мощностей. В качестве альтернативного варианта можно рассмотреть возможность оснащения СЭС накопителем энергии емкостью 50% от установленной мощности СЭС и мощностью, достаточной для выдачи установленной мощности накопителя в течение четырех часов.

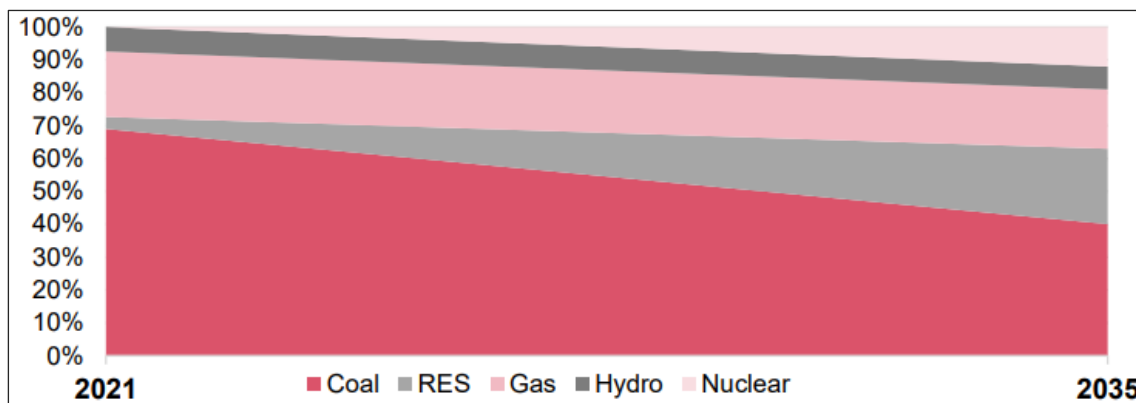
Так, компания Polymetal реализует проект по строительству в течение пяти лет 2 солнечных электростанций общей установленной мощностью 39,6 МВт в Абайской и Костанайской областях. В качестве регулирующей мощности планируется построить одну газопоршневую маневренную станцию установленной мощностью 40 МВт для покрытия нестабильной генерации солнечных станций. Общий объем инвестиций составит более 90 миллионов долларов. То есть такие фактические требования влекут за собой увеличение стоимости проекта ВИЭ более чем в 2 раза.

7.1 ВЛИЯНИЕ ВИЭ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИЕ КОМПАНИИ И НАЦИОНАЛЬНУЮ ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Металлургическая промышленность в условиях глобального энергетического кризиса и новой европейской "зелёной сделки" нуждается в срочных инвестициях в энерго- и ресурсоэффективность. Энергетический кризис 2021-2022 годов был вызван многими факторами, включая глобальную кампанию по сокращению выбросов углекислого газа, нехватку запасов ископаемого топлива из-за сокращения потребления, сокращение добычи нефти из-за пандемии COVID-19 и войны России против Украины. Metallургический сектор является энергоёмкой отраслью, требующей большого количества энергии для различных процессов, таких как выплавка, рафинирование и литье.

В последние годы в металлургическом секторе наблюдается тенденция к использованию возобновляемых источников энергии и мер по повышению энергоэффективности с целью сокращения выбросов парниковых газов.

Рисунок 12: Структура производства электроэнергии в 2021 году и прогноз до 2035 года.



Источник: PWC, 2022⁷¹

К 2035 году в Казахстане необходимо обеспечить ввод новых генерирующих мощностей, из которых 11 ГВт должны быть низкоуглеродными источниками генерации, включая 6,5 ГВт объектов ВИЭ (солнечных и ветровых).

Энергетические системы в металлургическом секторе можно разделить на два типа: первичные энергетические системы и вторичные энергетические системы. Вторичные энергетические системы предполагают использование побочных продуктов первичных энергетических систем.

Выбор подходящих технологий использования возобновляемых источников энергии с учетом спроса на энергию и наличия ресурсов

Существует несколько аспектов в разработке проектов по использованию ВИЭ для металлургической промышленности.

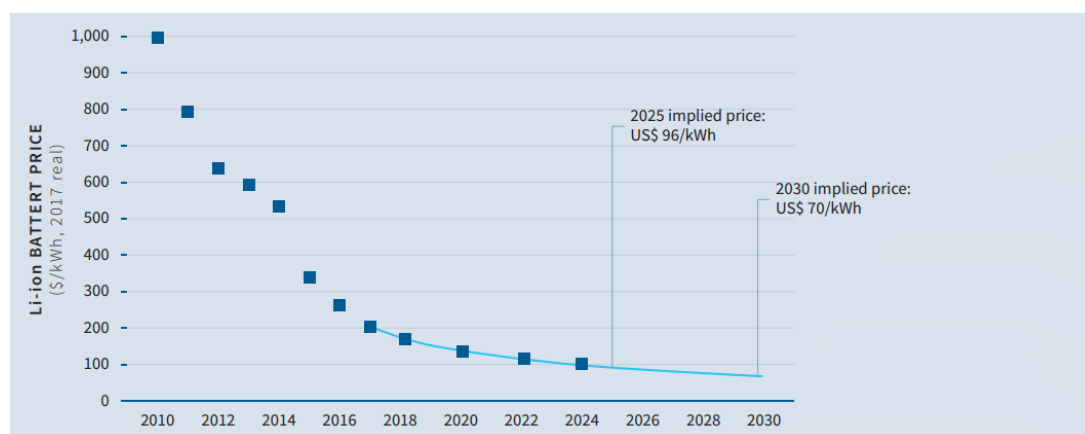
- Во-первых, количество электроэнергии, вырабатываемой объектами ВИЭ, зависит от погодных условий: для солнечных электростанций (СЭС) - от интенсивности солнечного излучения, для ветровых электростанций (ВЭС) - от наличия ветра. Поэтому, чтобы включить новые объекты ВИЭ в энергосистему, ее необходимо адаптировать. Каким образом? Путем внесения изменений в механизмы регулирования приоритетной диспетчеризации объектов ВИЭ, чтобы системный оператор мог регулировать - путем сокращения - поставки электроэнергии в сеть от объектов ВИЭ при снижении спроса со стороны потребителей.
- Вторая - нестабильность выработки электроэнергии возобновляемыми источниками. Эта проблема может быть решена путем разработки и внедрения систем накопления энергии, которые могли бы накапливать избыток электроэнергии и выдавать его в сеть в часы пикового спроса со стороны потребителей. В настоящее время отрасль накопления и

⁷¹ PWC, 2022. Энергетический переход в Казахстане - назад к устойчивому будущему.
<https://www.pwc.com/kz/en/assets/energy-report/energy-report-eng-final-1.pdf>

хранения энергии активно развивается, и необходимо внедрить соответствующие механизмы, которые бы объективно регулировали необходимость использования систем хранения энергии для новых объектов возобновляемой энергетики. Все это позволит сбалансировать энергосистему в часы пиковых нагрузок и снизить энергопотребление, уменьшить дисбаланс на рынке электроэнергии от возобновляемых источников и повысить надежность энергосистемы Казахстана.

- За последние годы стоимость батарей значительно снизилась. Эта информация представлена ниже. Кроме того, каждая компания должна рассмотреть следующие меры:
 - Развитие процессов диспетчеризации,
 - повышение точности планирования ВИЭ,
 - повышение управляемости традиционных угольных станций,
 - возможное использование газовых пиковых станций в качестве балансирующих мощностей,
 - строительство энергосистемы и соответствующие межсетевые соединения.
- В настоящее время эта отрасль накопления и хранения энергии активно развивается, и необходимо внедрить соответствующие механизмы регулирования, которые бы установили обязательность использования систем хранения энергии для новых объектов возобновляемой энергетики. Все это позволит сбалансировать энергосистему в часы пиковых нагрузок и снизить энергопотребление, уменьшить дисбаланс на рынке электроэнергии из возобновляемых источников и повысить надежность энергосистемы Казахстана.

Рисунок 13: Цена литий-ионного аккумулятора



Источник: *Integrating Clean Energy in Mining Operations: Opportunities, Challenges, and Enabling Approaches*⁷²

⁷² [Интеграция чистой энергии в горнодобывающую промышленность: Возможности, проблемы, и подходы](#)

- В-третьих, главная проблема металлургического сектора Казахстана заключается в том, что значительная часть установленных генерирующих мощностей состоит из морально и физически устаревших угольных электростанций, построенных еще в советское время. Для производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии у страны есть, образно говоря "исходное сырье": ветер и солнечная излучение как природные энергоносители. Но массового производства электроэнергии из них нет. Для того, чтобы возобновляемые источники энергии стали конкурентноспособным сектором энергетики, необходимы не только исходные условия в виде наличия «сырья» и рынков сбыта. Необходима также промышленность, связанная с генерацией, транспортировкой и продажей электроэнергии, а также множество предприятий, объединенных в кластеры и создающих полную цепочку добавленной стоимости, - от проектирования до конечного продукта, и даже включающую в себя экологически безопасную переработку отработанных элементов ВИЭ. При таком подходе цена компонентов для объектов возобновляемой энергетики может быть снижена за счет эффекта масштабирования производства. Недостаточное развитие машиностроительной и электротехнической отраслей, связанных с возобновляемыми источниками энергии, может стать препятствием для эффективного развития отрасли ВИЭ.

Учитывая, что количество электроэнергии, передаваемое от ВИЭ-источников в энергосистему в течение определённого периода времени, зависит от погодных условий, необходимо предусмотреть наличие дополнительных традиционных генерирующих мощностей. Они работают на традиционном топливе, которое можно хранить и использовать в необходимом объеме для выработки требуемого количества электроэнергии. Это так называемые маневренные мощности, которые могут балансировать энергосистему страны.

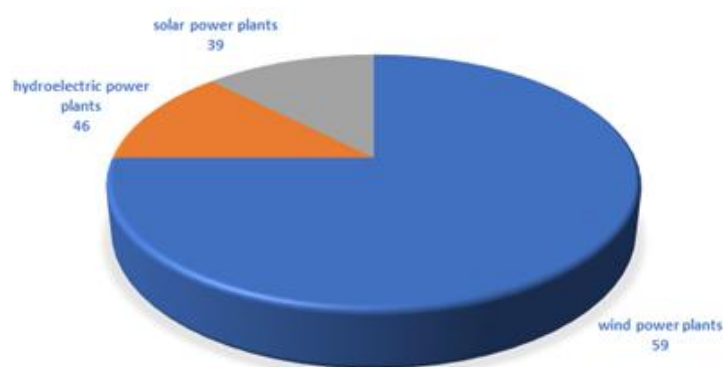
Учитывая нерешенные технические проблемы с системами хранения энергии, которые могли бы со временем балансировать энергию, получаемую от возобновляемых источников, возникает необходимость в использовании традиционных генерирующих мощностей в качестве маневренных.

В настоящее время в Республике Казахстан функционируют 147 объектов возобновляемой энергетики (мощностью более 100 кВт) общей установленной мощностью 2 903,54 МВт:

- 59 ветроэлектростанций общей мощностью 1 409,55 МВт.
- 46 солнечных электростанций общей мощностью 1 222,61 МВт.
- 39 гидроэлектростанций общей мощностью 269 605 МВт.
- 3 биогазовые электростанции общей мощностью 1,77 МВт.

В 2023 году было введено в эксплуатацию 16 объектов ВИЭ общей установленной мощностью 495,57 МВт:

Рисунок 14: Объекты возобновляемой энергетики введенные в эксплуатацию в Казахстане, 2023 г



- 12 ветроэлектростанций общей мощностью 437,1 МВт в Акмолинской области и Жетысуской областях,
- 2 гидроэлектростанции общей мощностью 3,7 МВт в Алматинской и Туркестанской областях и
- 2 солнечные электростанции общей мощностью 54,77 МВт в Туркестанской области.

Наиболее популярными технологиями ВИЭ в металлургической промышленности Казахстана являются:

- Фотоэлектрические станции и газовые когенерационные установки (в т.ч. маневренные мощности) с частичным использованием полученной горячей воды (когенерация).
- Ветровые электростанции. К 2027 году планируется ввести в эксплуатацию 25 таких проектов мощностью 599,85 МВт.

Проблемы, препятствия и решения для интеграции ВИЭ в металлургическую промышленность

Для повышения потенциала возобновляемых источников энергии необходимы улучшения во многих сферах, в том числе следующие:

- Одной из главных проблем отрасли является нестабильность производства, отсутствие солнца и ветра сразу же приводит к снижению выработки электроэнергии.
 - Эта проблема может быть решена путем создания балансирующего рынка электроэнергии и систем хранения электроэнергии.
- Необходимо развивать гибкие (маневренные) мощности, увеличивать количество гибких источников генерации, к которым относятся газовые и гидроэлектростанции, или строить хранилища электроэнергии.
 - Реализация проектов ВИЭ с накопителями энергии через аукционный механизм. Отсутствие таких мощностей ограничивает рост возобновляемых источников энергии. Чем выше доля ВИЭ в энергетическом балансе, тем больше резервных мощностей требуется для покрытия спроса при снижении выработки энергии из возобновляемых источников.

- Проблему нехватки резервных мощностей также можно решить путем стимулирования сознательного потребления. Оно подразумевает, что крупные потребители ограничивают ежедневное потребление электроэнергии в течение определённого времени в обмен на экономические стимулы (денежные вознаграждения). Такой механизм широко используется во всем мире и обойдется гораздо дешевле, чем строительство станций.
- Формирование привлекательных условий для инвестиций в сектор возобновляемой энергетики в Казахстане (увеличение электрических мощностей, торгуемых на аукционах, улучшение условий индексации тарифов, развитие практики проектных аукционов и т.д.)
- Многие компании активно внедряют принципы ESG в свою корпоративную политику.
 - Отсутствие нормативной базы, завышенные требования системного оператора к реализации подобных проектов
- Системный оператор требует, чтобы объекты возобновляемой энергетики сами находили балансирующие мощности, то есть строили хранилища электроэнергии.
 - KEGOC объясняет это нехваткой балансирующих мощностей в энергосистеме Казахстана. Установка накопителей значительно увеличивает стоимость проектов.
- Неизвестно, какие цены на электроэнергию будут действовать после истечения срока действия контрактов на гарантированную покупку.
 - К началу 2030-х годов этот вопрос необходимо будет решить. Без повышения тарифов на электроэнергию решить его будет сложно.

Рекомендации по внедрению ВИЭ в металлургической промышленности

Металлургические процессы являются комплексными и выполняются в рамках технологических требований. Металлургия нуждается в надежном и доступном источнике энергии в круглосуточном режиме. Для того чтобы детально разобраться в том, как ВИЭ могут быть интегрированы в металлургическую промышленность, была разработана следующая схема:

Рисунок 15: Как ВИЭ могут быть интегрированы в металлургическую промышленность



Источник: USAID, 2022 *Error! Bookmark not defined.*

Основная идея использования схемы 4 шагов заключается в том, чтобы ответить на каждый вопрос вместе с экономической оценкой всех шагов для подготовки бизнес-плана. Предложенная схема позволит металлургическим компаниям лучше прогнозировать процесс внедрения ВИЭ, в т.ч. с учетом следующих аспектов:

- Прежде всего, необходимо определить, - какие источники ВИЭ должны быть интегрированы, - какова возможная технология производства и доставки возобновляемой энергии, какое количество энергии может быть произведено в соответствующих погодных условиях.
- Во-вторых, экономическая оценка интеграции ВИЭ может быть выполнена с помощью таких характеристик, как срок окупаемости инвестиций, внутренняя норма доходности (IRG), чистая приведенная стоимость (NPV) и соотношение выгод и затрат.
- В-третьих, следует оценить, может ли государство поддержать внедрение ВИЭ различными мерами поддержки.

Меры государственной поддержки

- Казахстан предоставляет инвесторам ряд преференций и мер государственной поддержки для строительства объектов возобновляемой энергетики. Находящаяся в собственности государства ТОО «РФЦ для ВИЭ» заключает с инвесторами договоры купли-продажи с обязательством покупать электроэнергию в течение 15-20 лет по фиксированной цене.

- Компания KEGOC (управляющая единой энергетической системой) обязуется подключать объекты возобновляемой энергетики к сетям, проводить техническое обслуживание и отдавать приоритет ВИЭ при диспетчеризации (оперативном распределении).
- Кроме того, цены на аукционах ежегодно индексируются с учетом инфляции и изменений обменного курса. Инвесторы в проекты возобновляемой энергетики освобождаются от уплаты таможенных пошлин, НДС на импорт, налогов на имущество, землю и прибыль (корпоративных подоходный налог, КПП), а также получают государственные субсидии. Снижение стоимости строительства ВИЭ привело к тому, что тарифы на возобновляемому энерго снижаются из года в год.
- С 2014 по 2017 год действовали фиксированные тарифы на электроэнергию из возобновляемых источников энергии в национальной валюте. С инвесторами, которые реализовали или начали реализовывать проекты в этот период, государство заключало договоры по фиксированным тарифам.
- С введением аукционной модели в 2017 году цена устанавливается путем проведения торгов. Средние тарифы по договорам, заключенным по результатам торгов в прошлые годы составили: для солнечных электростанций - 16,95 тт/кВт·ч, для ветровых электростанций - 15,76 тт/кВт·ч, - стоимость электроэнергии значительно снизилась.
- Еще одной важной мерой поддержки отрасли является обязательство так называемых «условных потребителей» закупать у Финансового центра всю электроэнергию, произведенную с использованием возобновляемых источников энергии. К таким потребителям относятся энергетические компании, использующие уголь, природный газ, нефтепродукты и ядерное топливо, а также гидроэлектростанции.

8 ВЛИЯНИЕ МЕР ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ДЕКАРБОНИЗАЦИЮ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА

Металлургическая промышленность сталкивается с рядом проблем, включая высокое энергопотребление, экологические проблемы и неэффективность производства. Энергоемкость металлургических процессов приводит к высоким эксплуатационным расходам и выбросам углерода, поэтому компаниям необходимо искать пути снижения энергопотребления и воздействия на окружающую среду. Кроме того, неэффективность производственных процессов может привести к задержкам в производстве, проблемам с качеством и увеличению затрат, что сказывается на общей конкурентоспособности компаний в отрасли. В этом разделе мы рассмотрим важность повышения эффективности производства и энергоэффективности в металлургической промышленности и обсудим стратегии достижения этих целей. Развитие технологий открыло путь для инновационных решений по повышению операционной и энергетической эффективности в металлургической промышленности.

В "Справочнике по НДТ на 2024 год"⁷³ подчеркивается важность операционной и энергетической эффективности. Согласно справочнику, может быть проведена модернизация действующих металлургических предприятий со снижением их ресурсо- и энергоемкости, повышена производительность труда, продолжена работа по развитию инноваций в технологиях добычи и комплексной переработки сырья, а также расширению и воспроизводству минерально-сырьевой базы. Основными ориентирами развития горнометаллургической отрасли являются повышение операционной эффективности, максимальное углубление переработки и включение в глобальные цепочки поставок.

Преимущества операционной и энергетической эффективности огромны. Их количественная оценка в металлургической промышленности может быть сложной, поскольку она включает в себя различные факторы, такие как конкретный контекст, масштаб операций, региональные затраты на энергию, технологические достижения и т.д., и часто требует анализа каждого конкретного случая. Чтобы получить точные количественные данные о выгодах, необходим детальный анализ текущей деятельности, энергопотребления и потенциальных улучшений. Однако ниже для каждого мероприятия приведены общие примеры того, как эти меры могут привести к количественным выгодам.

⁷³ Справочник НДТ "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности", <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2400000024>

Повышение энергоэффективности

Повышение энергоэффективности достигается путем инвестирования в энергоэффективные технологии и методы, что не только помогает компаниям соответствовать нормативным требованиям и отраслевым стандартам, но и демонстрирует их приверженность принципам устойчивого развития и корпоративной социальной ответственности. Это требует комплексного подхода, включающего:

- i. Энергетические аудиты:
 - а. Выявление областей неэффективного и нерационального использования энергии, что позволяет определить приоритетность мер по энергосбережению.
 - б. Внедрение системы энергетического менеджмента ISO 50001 для определения показателей энергоэффективности и постановки задач по её улучшению.
- ii. Энергоэффективное оборудование:
 - а. Высокоэффективные печи для снижения энергопотребления.
 - б. Переход на высокоэффективные двигатели, насосы и вентиляторы, чтобы снизить потребление электроэнергии.
 - в. Использование энергоэффективное освещение и системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях.

Сталелитейный завод может сократить потребление энергии на 10 % за счет установки новой, более эффективной системы управления печами. Если годовой счет завода за электроэнергию составляет 10 миллионов долларов, это может привести к экономии в один миллион долларов в год.

- iii. Системы рекуперации отработанного тепла улавливают и повторно используют избыточное тепло, образующееся в ходе производственных процессов, что еще больше снижает потребление энергии, затраты и минимизирует количество отходов.
 - а. Установка систем рекуперации тепла для улавливания отработанного тепла из печей и использования его для других процессов или для выработки электроэнергии.
 - б. Внедрение систем когенерации или комбинированной выработки тепла и электроэнергии для повышения энергоэффективности.
- iv. Электрификация процессов:
 - а. Перевод некоторых процессов с ископаемого топлива на электричество, например использование электродуговых печей (ЭДП) вместо кислородных конвертеров при выплавке стали.

б. Электрификация транспорта на территории предприятия, где это возможно.

Препятствия на пути повышения энергоэффективности

Несмотря на преимущества повышения энергоэффективности, металлургические компании могут столкнуться с такими препятствиями, как:

- а) Высокие первоначальные инвестиционные затраты: Инвестиции в энергоэффективные технологии и оборудование могут потребовать значительных первоначальных вложений, что может удержать некоторые компании от мер по повышению энергоэффективности.
- б) Сопротивление изменениям: Сопротивление изменениям со стороны сотрудников или руководства также может препятствовать прогрессу.
- в) Отсутствие опыта: Отсутствие технических знаний или ресурсов для эффективного применения действенных мер может препятствовать прогрессу.

В заключение следует отметить, что повышение эффективности производства и в том числе энергоэффективности имеет большое значение для долгосрочного успеха и устойчивости металлургической промышленности с точки зрения снижения затрат, повышения производительности и минимизации воздействия на окружающую среду. Заинтересованные стороны отрасли должны уделять первостепенное внимание мерам по повышению энергоэффективности, сотрудничать с государственными органами и принимать новые тенденции, чтобы добиться положительных изменений и обеспечить себе конкурентное преимущество в условиях меняющегося рыночного и технологического ландшафта металлургической отрасли.

9 УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ОТРАСЛЕВЫХ ПРОЕКТОВ

Управление процессом декарбонизации металлургической промышленности Казахстана должно рассматриваться на нескольких уровнях. К ним относятся международный уровень, национальный уровень, региональный (областной) уровень и уровень компании. Ниже рассматривается каждый из них.

9.1 УПРАВЛЕНИЕ НА МЕЖДУНАРОДНОМ И РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Такие международные договоры, как Парижское соглашение ООН с его Определяемыми на национальном уровне вкладами (ОНУВ), способствуют снижению воздействия на изменение климата в глобальном масштабе и устанавливают долгосрочные цели международного сотрудничества в борьбе с изменением климата. ОНУВ лежат в основе Парижского соглашения и достижения этих долгосрочных целей. ОНУВ воплощают в себе усилия каждой страны по сокращению национальных выбросов и адаптации к последствиям изменения климата. Парижское соглашение (Статья 4, п. 2) требует, чтобы каждая сторона подготовила, сообщила и поддерживала последовательные национальные определяемые на национальном уровне вклады, которые она намерена достичь.

Технологический механизм РКИК ООН играет ключевую роль в выработке рекомендаций по стратегиям установления связей между глобальными промышленными игроками, поставщиками технологий, инициативами и финансирующими организациями для расширения глобального сотрудничества в области разработки и внедрения технологий. Для решения проблемы нестабильности возможностей производства "зелёного" водорода и электроэнергии странам, ставящим перед собой цели достижения нулевого углеродного баланса в отраслях с труднопреодолимыми проблемами, рекомендуется изучить возможность привлечения ресурсов из других стран при содействии международных организаций по развитию. Для ускорения глобальных преобразований рекомендуется ускорить разработку стандартизированных оценок жизненного цикла производств и продукции (LCA, Life Cycle Assessment, *англ.*) и содействовать обмену знаниями о технологиях декарбонизации между странами. Международным организациям развития настоятельно рекомендуется играть роль в содействии финансовой, технической поддержке и поддержке в области наращивания потенциала со стороны развитых стран в пользу развивающихся стран для обеспечения справедливого участия в усилиях по борьбе с изменением климата в соответствии с обязательствами по РКИК ООН и Парижскому соглашению.

Исполнительный комитет по технологиям (ИКТ), - политическое подразделение Механизма по технологиям РКИК ООН, принимает самое активное участие в усилиях по декарбонизации. Основываясь на результатах изучения ситуации, ИКТ в партнерстве с Организацией Объединенных

Наций по промышленному развитию (UNIDO) принял решение разработать аналитическую записку и организовать День технологий, посвященный интеграции промышленной декарбонизации в обновленные ОНУВ различных стран, которые сейчас подготавливаются по всему миру. В аналитической записке будут представлены конкретные варианты политики и технологий для сокращения выбросов сталелитейной, цементной, химической и нефтехимической промышленности и способы их реализации, в том числе посредством международного сотрудничества, исследований, разработок и демонстраций (НИОКР), а также путем использования смешанного финансирования для снижения рисков для инвестиций частного сектора. На КС29 (COP29, Conference of Parties, *англ.*) в Баку (Азербайджан), ИКТ провел День технологий, посвященный включению отраслей с трудно устранимыми проблемами в обновленные ОНУВ и поддержке реализации определенных странами климатических действий в этой области. РКИК ООН также поддерживает декарбонизацию тяжелых отраслей промышленности через недавно запущенный Акселератор промышленного перехода.⁷⁴

Что касается регионального сотрудничества и управления в области декарбонизации металлургического сектора, то все страны региона (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан) имеют общие экономические интересы, культурное наследие, экологические проблемы и сталкиваются с общими внешними угрозами. Совместные усилия центральноазиатских стран могут стать проводником общей политики декарбонизации металлургического сектора.

9.2 УПРАВЛЕНИЕ НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Нормативно-правовая база и механизмы обеспечения соблюдения и исполнения

Для улучшения управления декарбонизацией металлургического сектора Казахстана необходима надежная нормативно-правовая база. Она должна включать в себя четкие целевые показатели сокращения выбросов, согласованные с национальными климатическими целями, комплексное законодательство, обязывающее сокращать выбросы ПГ и внедрять чистые технологии, а также стимулировать компании к инвестированию в "зелёные" технологии. Кроме того, развитие государственно-частного партнерства может способствовать обмену знаниями и инновациями, что поможет сектору перейти на устойчивые методы работы. В дальнейшей разработке нормативно-правовой базы будут принимать участие такие министерства, как Министерство энергетики, Министерство экологии и природных ресурсов (МЭПР), Министерство промышленности и строительства (МПС) и Министерство экономики. Необходимо убедиться, что каждое из этих министерств имеет четкие полномочия и обязанности при разработке нормативно-правовой базы и механизмов правоприменения для декарбонизации металлургического сектора, и что нет дублирования их функций и юрисдикции.

⁷⁴ Партнерство "Миссия выполнима", 2024, <https://www.missionpossiblepartnership.org>



Нормативные акты, целевые показатели выбросов, законодательство, стимулы, механизмы соблюдения и т.д., издаваемые этими органами, должны разрабатываться в сотрудничестве, чтобы обеспечить согласованность во всех официальных документах. Необходимо избегать пробелов и несоответствий при любых обстоятельствах.

Для успешной реализации этой нормативно-правовой базы крайне важны эффективные механизмы обеспечения соблюдения и исполнения. Современные системы мониторинга, регулярные инспекции и аудиты обеспечат соблюдение экологических требований. Строгие наказания за несоблюдение законодательства, наращивание потенциала регулирующих органов и привлечение заинтересованных сторон являются жизненно важными компонентами правоприменения. Поощрение совместного подхода к соблюдению требований в сочетании с судебными и административными процедурами пересмотра повысит справедливость и подотчетность. Стимулы, основанные на результатах деятельности, могут дополнительно мотивировать компании превышать нормативные требования и демонстрировать лидерство в декарбонизации.

Цели по сокращению выбросов

Казахстан ставит перед собой цель достичь нулевого углеродного баланса к 2060 году, которая была закреплена в законодательстве в феврале 2023 года. Целевые показатели по выбросам углерода представлены в Таблица 8 ниже:

Таблица 8: Целевые показатели выбросов углерода в Казахстане

Безусловная цель ОНУВ на 2030 год	
Формулировка цели в ОНУВ ⁷⁵	Сокращение выбросов парниковых газов на 15% к концу 2030 года по сравнению с базовым 1990 годом.
Абсолютный уровень выбросов в 2030 г. без учета ЗИЗЛХ	Уровень выбросов, который необходимо достичь в стране (внутренний целевой показатель) 318 Мт CO ₂ экв.

⁷⁵ NDC Partnership, 2024 год, <https://ndcpartnership.org/country/kaz>

[на 18% ниже 1990 года]
[на 1% выше 2010 года]

Статус	Представлено 27 июня 2023 года
Условная цель ОНУВ на 2030 год	
Формулировка цели в ОНУВ	Сокращение выбросов ПГ на 25% к концу 2030 года по сравнению с базовым 1990 годом.
Абсолютный уровень выбросов в 2030 г. без учета ЗИЗЛХ	280 Мт CO ₂ экв.[на 27% ниже 1990 г.] [на 11% ниже 2010 г.]
Статус	Представлено 27 июня 2023 года
Нулевой углеродный баланс и другие долгосрочные цели	
Формулировка цели	Казахстан достигнет углеродной нейтральности к 2060 году.
Абсолютный уровень выбросов в 2050 году без учета ЗИЗЛХ	45 Мт CO ₂ -эквивалента
Статус	Закреплено в законодательстве 02 февраля 2023 г., еще не представлено в РКИК ООН в качестве LTS.

Источник: *Climate Action Tracker, 2024*⁷⁶

Системы мониторинга, отчетности и проверки

Существует два уровня мониторинга, отчетности и проверки для выбросов и поглощений ПГ: национальный уровень и уровень источников и поглотителей.

Национальный уровень

Казахстан, являясь Стороной Приложения I РКИК ООН для целей Киотского протокола, регулярно готовит Национальный доклад о кадастре парниковых газов с инвентаризацией антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, с использованием методологии МГЭИК (далее - национальный кадастр ПГ).

Для оценки выбросов от крупного рогатого скота и овец используется метод второго уровня (расширенные данные и подход с использованием валовых энергозатрат). Для остальных видов животных используется упрощенный метод первого уровня с применением коэффициентов выбросов по умолчанию. В секторе ЗИЗЛХ для оценки выбросов используется сочетание методов уровня 2 и уровня 1 (с использованием национальных данных о содержании гумуса в почве, объеме древесины, площади лесов и др.), для оценки абсорбции пастбищ, лесов и поглощений пахотных земель.

Уровень источников и поглотителей (в рамках СТВ)

В 2013 году в Казахстане была запущена национальная система ограничения и торговли выбросами углерода (Система торговли выбросами, СТВ), которая постоянно совершенствуется. В настоящее

⁷⁶ Трекер климатических действий, 2024 год. Обновленный ОНУВ Казахстана в глобальное реагирование на изменение климата, <https://climateactiontracker.org/countries/kazakhstan/targets>

время она регулирует только выбросы CO₂. Квотированию выбросов подлежат только крупные источники, выбросы которых превышают 20 тысяч тонн CO₂ в год, в шести отраслях: производство электрической и тепловой энергии, нефтяная и газовая промышленность, горнодобывающая промышленность, металлургическая промышленность, химическая промышленность и обрабатывающая промышленность в части производства цемента, извести, гипса и кирпича.

Для целей СТВ существует обязательная система мониторинга, отчетности и проверки для квотируемых и управляемых установок.⁷⁷ Соответствующее регулирование осуществляется в соответствии с Экологическим кодексом Республики Казахстан и Правилами.

Выбросы от сельского хозяйства, малых энергетических установок и транспорта не регулируются в рамках СТВ. Система налогообложения углерода еще не введена в Казахстане, но ожидается в соответствии со Стратегией достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Соответственно, в Казахстане не существует обязательной системы мониторинга, отчетности и проверки для источников и поглотителей СХАПЗ.

Важно отметить, что в Казахстане можно регистрировать углеродные единицы выбросов в Государственном реестре углеродных единиц и реализовывать офсетные проекты в любом секторе экономики, которые могут сократить выбросы из любых не квотируемых источников или увеличить поглощение. Продажа зарегистрированных офсетных единиц в СТВ в настоящее время не ограничена. Инициаторы офсетных проектов имеют право самостоятельно выбирать любую актуальную международную методологию расчета офсетов. Для зачисления на счет инициатора офсетного проекта соответствующего количества углеродных единиц, достигнутых в результате сокращения, инициатор (владелец) проекта должен подготовить отчет об инвентаризации, придерживаясь выбранной ранее методики. Аккредитованные органы по валидации и верификации парниковых газов обязаны придерживаться выбранной инициатором методологии расчета выбросов и поглощений ПГ.⁷⁸

Необходимо усилить контроль качества отчетности по кадастрам выбросов ПГ субъектами квотирования, а также усилить требования к добросовестности органов и организаций, проводящих валидацию и верификацию.

Уровень источников и поглотителей (в рамках добровольных рынков углеродных кредитов)

Несмотря на большой интерес казахстанских и иностранных инвесторов к недорогим офсетным проектам в Казахстане, законодательство Казахстана не регулирует функционирование добровольных рынков углеродных единиц в Казахстане. Добровольный углеродный рынок, как правило, регулируется независимыми частными программами (стандартами), которые гарантируют качество предоставляемых углеродных компенсаций, обеспечивают равный доступ на рынок и

⁷⁷ К администрируемым установкам относятся источники в регулируемых отраслях, выбросы которых находятся в диапазоне 10-20 тыс.т CO₂/год. Операторы администрируемых установок сообщают о выбросах, но не обязаны верифицировать свои отчеты.

⁷⁸ С 2017 года аккредитацию органов по валидации и верификации ПГ проводит Национальный центр аккредитации Комитета по техническому регулированию и метрологии Министерства торговли и интеграции РК <https://www.nca.kz/info/articles/media/ob-akkreditatsii-organov-po-validatsii-i-verifikatsii-parnikovyykh-gazov>

направлены на стимулирование участия в торговле. В Казахстане применяются международные добровольные стандарты углеродных компенсаций в области возобновляемых источников энергии и агролесоводства I-RECS, Plan Vivo. К наиболее известным международным программам в Казахстане также относятся Verra и Golden Standard. В 2023 году были завершены первые добровольные офсетные сделки вне национальной системы торговли выбросами.

В настоящее время такие углеродные единицы не допускаются к торговле в рамках СТВ. Не создана единая система учета добровольных углеродных кредитов для предотвращения двойного учета сокращений, достигнутых в Казахстане, и четких механизмов реализации статьи 6 Парижского соглашения. В связи с этим существует высокий риск утечки дешевых углеродных кредитов за рубеж, что может затруднить выполнение Правительством Казахстана своих обязательств перед международным сообществом по сокращению выбросов ПГ, поскольку все самые дешевые сокращения и дополнительные поглощения могут быть компенсированы другими странами.

В Казахстане был разработан первый национальный добровольный стандарт для сертификации углеродных офсетов («углеродный офсет – сокращение выбросов парниковых газов и (или) увеличение поглощения парниковых газов, достигнутые в результате осуществления... любых видов деятельности... в любых секторах экономики...», направленных на сокращение выбросов ПГ и (или) увеличение поглощения ПГ» (Гл.1. п.7 Правила одобрения углеродного офсета и предоставления офсетных единиц), офсетная единица – «офсетная единица – углеродная единица, применяемая в целях исчисления углеродного офсета», Гл.1, п.11, там же), однако из-за неопределенной позиции уполномоченных органов все работы по продвижению национального стандарта были приостановлены. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Казахстан^{79,80} и АО Жасыл-Даму ответственны за подготовку национального кадастра Казахстана^{81,82}.

Периодичность контроля качества данных национальных кадастров, предоставляемых в Секретариат РКИК ООН, составляет один раз в два года, последняя проверка будет проведена в 2023 году. Контроль качества перед предоставлением в Секретариат РКИК ООН осуществляется Межведомственной рабочей группой по функционированию государственной системы инвентаризации ПГ под председательством Министерства экологии и природных ресурсов. После представления в Секретариат РКИК ООН проверку качества осуществляют международные эксперты МГЭИК.

⁷⁹ Правительство Казахстана, 2024, <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo?lang=en>

⁸⁰ РКИК ООН, 2023 год. Национальные кадастры на 2023 год., <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2023>.

⁸¹ АО "Жасыл Даму" отвечает за: (1) организацию и проведение заседаний Межведомственной рабочей группы; (2) распределение фондов исходных данных между представителями Межведомственной рабочей группы; (3) сбор информации, содержащей исходные данные для количественной оценки выбросов и поглощения ПГ от предприятий, организаций, государственных органов; (4) анализ и обработку полученных данных, расчеты и подготовку Национального кадастра ПГ; (5) контроль и обеспечение качества Национального кадастра ПГ; согласование отчета по ПГ с государственными органами.

⁸² Содействие развитию перерабатывающей промышленности, <https://recycle.kz>

Наращивание потенциала

Наращивание потенциала правительств, бизнеса и сообществ для реализации стратегий декарбонизации - важнейший аспект управления. Это может включать в себя подготовку кадров, обучение и обмен передовым опытом. Для эффективной декарбонизации металлургической промышленности Казахстана необходимо повысить потенциал регулирующих органов и заинтересованных сторон отрасли. Это включает в себя комплексные программы обучения сотрудников регулирующих органов экологическим стандартам и технологиям мониторинга, обеспечение регулирующих органов достаточным финансированием и оборудованием, а также развитие международного сотрудничества в области технической помощи. Заинтересованные стороны в промышленности должны пройти обучение по внедрению экологически чистых технологий и устойчивых практик при поддержке грантов на НИОКР и партнерства с научно-исследовательскими институтами. Укрепление институциональных рамок посредством четкой политики, надежных систем управления данными и регулярной оценки эффективности также имеет решающее значение.

Информирование и просвещение населения

Улучшение управления декарбонизацией металлургической промышленности Казахстана может выиграть от инициатив по информированию и просвещению населения. Эти инициативы должны быть направлены на информирование и привлечение общественности к пониманию важности сокращения выбросов и внедрения устойчивых практик в отрасли. Образовательные кампании могут подчеркивать экологические и экономические преимущества декарбонизации, используя средства массовой информации, семинары и общественные программы для охвата различных аудиторий. Сотрудничество со школами и университетами для включения климатического и экологического образования в учебные программы позволит воспитать хорошо информированную будущую рабочую силу. Кроме того, прозрачная коммуникация между правительством, промышленностью и общественностью может способствовать укреплению доверия и поддержки политики декарбонизации.

Финансовые стимулы (например, субсидии, налоговые льготы и гранты)

Для обеспечения декарбонизации металлургической промышленности Казахстана необходимо внедрение финансовых стимулов, таких как субсидии, налоговые льготы и гранты. Субсидии могут снизить первоначальные затраты на внедрение экологически чистых технологий и энергоэффективных процессов, что облегчит компаниям переход на новые технологии. Налоговые льготы для инвестиций в возобновляемые источники энергии, технологии сокращения выбросов и НИОКР могут дополнительно мотивировать компании уделять приоритетное внимание декарбонизации. Кроме того, гранты могут поддержать пилотные проекты, инновации и разработку низкоуглеродных решений, особенно для небольших предприятий, которые могут не располагать необходимым капиталом. С точки зрения управления, очень важно, чтобы организации в Казахстане, занимающиеся предоставлением субсидий, налоговых льгот и грантов (например, Министерство экономики, Министерство финансов, Фонд "Даму" и другие), разрабатывали свои стратегии и программы согласованно. Согласованность, определенность и ясность при поиске финансовых стимулов крайне важны для компаний, которые хотели бы декарбонизировать свои металлургические процессы. Рекомендуется создать веб-сайт, на котором просто и понятно, в

одном месте, были бы представлены все существующие налоговые льготы, гранты, субсидии и другие виды финансовой поддержки в Казахстане. Таким образом, упростится процесс поиска финансирования для компаний.

Институциональные механизмы для контроля над усилиями по декарбонизации

Для контроля над усилиями по декарбонизации металлургической промышленности Казахстана необходимо создание надежной и хорошо скоординированной институциональной структуры. Основой такой структуры может стать Национальный совет по декарбонизации, выступающий в качестве центрального координирующего органа для всех инициатив по декарбонизации в различных секторах, включая металлургию. Совет будет отвечать за разработку и реализацию национальной политики, установление целевых показателей сокращения выбросов, мониторинг прогресса и обеспечение соответствия международным климатическим обязательствам. В его состав должны входить представители ключевых государственных министерств, заинтересованных сторон в промышленности, академических институтов и организаций гражданского общества, что будет способствовать совместному подходу к разработке и реализации политики.

Для декарбонизации металлургического сектора крайне важен специализированный надзор со стороны регулирующих органов. Создание Департамента по декарбонизации металлургической промышленности будет направлено именно на регулирование и продвижение декарбонизации в этой отрасли. В функции этого органа будет входить обеспечение соблюдения правил, проведение инспекций, оказание технической помощи и продвижение передового опыта. Тесно сотрудничая с Национальным советом по декарбонизации и другими регулируемыми органами, этот орган сможет обеспечить слаженный надзор и правоприменение, способствуя соблюдению отраслевых стандартов декарбонизации. Кроме того, создание экспертных консультативных комитетов, в состав которых войдут представители технических кругов, промышленности и общественности, позволит получить ценную информацию и рекомендации, гарантирующие, что стратегии декарбонизации будут технически обоснованными, практически осуществимыми и социально ответственными.

Финансовым надзором и механизмами поддержки может заниматься Финансовое управление по декарбонизации, которое будет управлять финансовыми стимулами, грантами и субсидиями, обеспечивая прозрачное и подотчетное распределение ресурсов. Кроме того, создание Научно-исследовательского института декарбонизации будет способствовать инновациям путем проведения исследований в области низкоуглеродных технологий и процессов, адаптированных к металлургическому сектору. Комплексная система мониторинга и отчетности будет отслеживать прогресс в сокращении выбросов, регулярно публиковать отчеты и вести прозрачную базу данных, обеспечивая точность и доступность данных для всех заинтересованных сторон.

Добровольные системы декарбонизации

Помимо обязательных целевых показателей декарбонизации в металлургической промышленности, в Казахстане могут применяться добровольные системы декарбонизации. Эти добровольные системы могут дополнить воздействие нормативно-правовой базы, поощряя заинтересованные стороны отрасли к активному внедрению устойчивых практик. Создание отраслевой инициативы, такой как альянс "Зелёная металлургия", объединит крупнейшие металлургические компании, стремящиеся сократить свой углеродный след. Этот альянс мог бы

обмениваться передовым опытом, устанавливать добровольные цели по сокращению выбросов и сотрудничать в рамках совместных проектов по устойчивому развитию, способствуя формированию культуры устойчивого развития в отрасли и использованию коллективных ресурсов для достижения большего эффекта.

Такие программы сертификации, как добровольная углеродная сертификация, могут отметить металлургические компании, достигшие определённых рубежей в области декарбонизации. Сертифицируя и публично признавая предприятия, внедряющие низкоуглеродные технологии, энергоэффективные меры и устойчивые практики, эти программы обеспечивают дифференциацию рынка, повышают репутацию брендов и потенциально открывают доступ к новым рынкам, ориентированным на устойчивое развитие. Государственно-частные партнерства, такие как проекты в области чистых технологий, могут оказать дополнительную поддержку в этом направлении, наладив сотрудничество между правительством, промышленностью и исследовательскими институтами для пилотирования и масштабирования инновационных чистых технологий.

Добровольные инициативы по отчетности и прозрачности, такие как стандарты отчетности в области устойчивого развития, побуждают компании сообщать о своих выбросах парниковых газов и усилиях в области устойчивого развития, используя стандартизированные системы, такие как Глобальная инициатива по отчетности⁸³ или Carbon Disclosure Project (Проект по раскрытию информации об углероде).⁸⁴ Эти инициативы повышают доверие заинтересованных сторон, улучшают отношения с инвесторами и обеспечивают подотчетность в отрасли.

Партнерства по компенсации выбросов углерода и программы добровольной компенсации углерода позволяют компаниям компенсировать свои выбросы, инвестируя в возобновляемые источники энергии, лесовосстановление или другие проекты по поглощению углерода. Такие партнерства позволяют компенсировать неизбежные выбросы, поддерживать глобальные усилия по сокращению выбросов углерода и повышать корпоративную социальную ответственность.

Повышение правил и эффективности государственных инвестиций (минимальные требования)

Улучшение правил регулирования и эффективности государственных инвестиций в декарбонизацию металлургического сектора Казахстана предполагает установление четких и прозрачных критериев распределения финансирования и приоритетности проектов, демонстрирующих значительный потенциал снижения выбросов и устойчивости. Упрощение бюрократических процессов и обеспечение тщательной оценки и мониторинга проектов может повысить подотчетность и эффективность. Использование международной финансовой и технической помощи также может повысить отдачу от инвестиций.

⁸³ Глобальная инициатива по отчетности, 2024, <https://www.globalreporting.org>

⁸⁴ Carbon Disclosure Project, 2024, <https://www.cdp.net/en>

Содействие совместному планированию, формализация систем консультаций с общинами и заинтересованными сторонами

Развитие систем планирования и консультаций с населением и заинтересованными сторонами для декарбонизации металлургического сектора Казахстана предполагает создание структурированных и инклюзивных платформ для диалога между правительством, промышленностью, местным населением и экологическими организациями. Создание регулярных консультационных форумов и проведение общественных слушаний обеспечивает учет различных точек зрения в процессе принятия решений, а интеграция механизмов обратной связи позволяет заинтересованным сторонам вносить свой вклад в разработку политики, планирование проектов и стратегий реализации. Прозрачность в обмене информацией о целях, прогрессе и воздействии декарбонизации способствует укреплению доверия и сотрудничества.

Экологическая маркировка и сертификация

Внедрение экологической маркировки и сертификации для декарбонизации металлургического сектора Казахстана предполагает разработку стандартов, которые признают и вознаграждают компании за внедрение устойчивых практик и снижение углеродного следа. Внедрение системы сертификации, которая оценивает и проверяет экологические показатели металлургических процессов, может стимулировать компании к совершенствованию своей деятельности. Экомаркировка может быть нанесена на продукцию, сигнализируя потребителям и инвесторам о приверженности компании декарбонизации. Это не только повышает конкурентоспособность на рынке, но и стимулирует спрос на более экологичную продукцию. Кроме того, сотрудничество с международными органами по сертификации может обеспечить соответствие казахстанской экомаркировки мировым стандартам, что будет способствовать дальнейшему продвижению металлургической продукции страны на международном рынке.

9.3 УПРАВЛЕНИЕ НА УРОВНЕ МЕСТНЫХ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ВЛАСТИ (МИО) ОБЛАСТЕЙ

Рекомендуется создать областные офисы по декарбонизации для поддержки реализации национальной политики на областном и локальных уровнях. Эти офисы будут следить за соблюдением местной промышленностью требований по декарбонизации, содействовать реализации региональных проектов и взаимодействовать с заинтересованными сторонами для адаптации стратегий к местным условиям. Они будут отчетываться перед Национальным советом по декарбонизации, а также будут иметь региональных делегатов для Департамента по декарбонизации металлургической промышленности и Управления по финансированию декарбонизации (как определено выше в разделе "Управление на национальном уровне"). Областные офисы также должны тесно сотрудничать с Научно-исследовательским институтом декарбонизации, чтобы инновации в процессах декарбонизации металлургии были широко распространены по всей стране.

Роли и обязанности местных органов власти

МИО могут поддержать декарбонизацию металлургической промышленности путем содействия обеспечению соблюдения требований национальных и областных экологических НПА, разработки местной политики и стимулов.

МИО также могут способствовать созданию "зелёных" рабочих мест и внедрению инноваций с помощью программ обучения и партнерства с местными учреждениями, а также обеспечивать финансирование проектов по декарбонизации и управлять ими, обеспечивая прозрачную финансовую практику для поддержки устойчивого развития в соответствии с национальными климатическими целями.

Поддержка повышения финансовой самодостаточности городов и поселков

Чтобы поддержать финансовую самодостаточность городов и поселков в Казахстане для декарбонизации металлургического сектора, необходимо расширить возможности местных органов власти по получению доходов. Этого можно добиться, например, предоставив им возможность использовать большую долю местных налогов, особенно от экологически устойчивых предприятий и "зелёных" инициатив. Внедрение местных "зелёных" облигаций и создание муниципальных фондов устойчивого развития может привлечь частные инвестиции в проекты по декарбонизации. Кроме того, полезны программы повышения квалификации местных чиновников в области финансового управления и планирования устойчивого развития. Облегчение доступа к национальным и международным грантам, специально направленным на поддержку местных усилий по декарбонизации, может еще больше повысить финансовую самодостаточность.

9.4 УПРАВЛЕНИЕ НА УРОВНЕ КОМПАНИЙ

Наращивание потенциала

Чтобы стимулировать декарбонизацию в металлургическом секторе Казахстана, компании должны создать надежную систему управления, включающую в себя комплексные усилия по наращиванию потенциала. Это включает в себя разработку четкой политики и целей по декарбонизации, создание специальных групп для контроля за инициативами в области устойчивого развития и инвестирование в обучение сотрудников для повышения их квалификации в области "зелёных" технологий и практик.

Специальная команда внутри компаний должна отвечать за оценку потребностей в обучении, применять ее и затем разрабатывать программу повышения квалификации. Для проведения мероприятий по наращиванию потенциала следует нанять экспертов по темам, которые компания хотела бы изучить. Как правило, наращивание потенциала в компаниях направлено на развитие: i) технических навыков и опыта; ii) возможностей в области исследований и разработок; iii) цифровизации и автоматизации; iv) финансового и экономического анализа; v) экологического менеджмента; vi) понимания климатической политики и нормативных требований.

Внутренние механизмы ценообразования на углерод

Внутреннее ценообразование на выбросы углерода — это инструмент, который позволяет компаниям присваивать денежную стоимость своим выбросам ПГ, способствуя позитивным изменениям в своей деятельности. Установив внутреннюю цену на углерод, компании могут определить стоимость каждой тонны выброшенного углерода и учесть эту стоимость в своих деловых и инвестиционных решениях. Такой подход поощряет повышение эффективности и стимулирует инновации в области низкоуглеродных технологий.

В настоящее время не существует международных стандартов, которым компании могли бы следовать при установлении внутренней цены на углерод, однако есть несколько полезных руководств и инициатив, на которые компании могут ориентироваться, например, инициатива "Забота о климате" (Caring for Climate, *англ.*)⁸⁵ Глобального договора ООН (UN Global Compact, *англ.*). Глобальный договор ООН призывает компании со временем установить внутреннюю цену на углерод на уровне не менее 100 долларов за тонну.

Интеграция углеродных аспектов в основные бизнес-операции необходима для снижения будущих рисков, связанных с ценообразованием на углерод, и понимания влияния углеродных и связанных с ними рисков на бизнес. Такой подход не только помогает в разработке бизнес-стратегий на перспективу, но и способствует привлечению финансирования для инициатив в области устойчивого развития. Повышая осведомленность как внутри компании, так и за ее пределами, компании могут эффективно решать проблемы инвесторов и потребителей, связанные с климатическим кризисом. Кроме того, такие усилия способствуют сокращению выбросов углекислого газа, приводя бизнес в соответствие с более широкими экологическими целями.

Внедрение стандартов по охране окружающей среды и выбросам

Эффективное управление внедрением экологических стандартов и стандартов по выбросам в металлургических компаниях требует создания комплексной системы, которая интегрирует устойчивое развитие в основу корпоративного процесса принятия решений. Это начинается с того, что совет директоров и исполнительное руководство берут на себя обязательства по достижению экологических целей и внедряют их в миссию и стратегию компании. Ключевыми компонентами такой структуры управления является создание специализированных комитетов или должностей, занимающихся вопросами устойчивого развития, таких как директор по устойчивому развитию или комитет по экологическому надзору, в задачи которых входит внедрение стандартов выбросов и обеспечение соблюдения национальных и международных норм. Эти органы управления должны быть наделены полномочиями устанавливать амбициозные цели по декарбонизации, отслеживать прогресс и корректировать стратегии по мере необходимости, чтобы соответствовать меняющимся стандартам и требованиям рынка.

Кроме того, система управления должна способствовать прозрачности, подотчетности и постоянному совершенствованию. Это предполагает внедрение надежных механизмов отчетности для отслеживания выбросов и экологических показателей, которые затем регулярно доводятся до сведения заинтересованных сторон, включая акционеров, сотрудников и регулирующие органы.

⁸⁵ Глобальный договор ООН, 2024 год. Ценообразование на углерод, <https://unglobalcompact.org/take-action/action/carbon>

Структура управления также должна стимулировать инновации, поддерживая инвестиции в низкоуглеродные технологии и формируя корпоративную культуру, в которой приоритет отдается устойчивому развитию. Согласовывая стимулы с экологическими целями, например, увязывая вознаграждение руководителей с достижением целевых показателей по сокращению выбросов, компании могут добиться того, чтобы внедрение экологических стандартов стало стратегическим приоритетом.

Мониторинг и отчетность по выбросам

Для эффективного мониторинга и отчетности по выбросам металлургическим компаниям, стремящимся к декарбонизации, необходима надежная структура управления. Это начинается с разработки четких политик и процедур, которые обязывают точно отслеживать выбросы ПГ на всех предприятиях. Совет директоров и высшее руководство должны определить приоритетность мониторинга выбросов как ключевого компонента стратегических целей компании, обеспечив выделение ресурсов и внимания этому направлению. Необходимо создать специализированные должности, такие как директор по устойчивому развитию или менеджер по соблюдению экологических норм, которые будут следить за внедрением систем мониторинга выбросов ПГ, обеспечивая точность данных, их согласованность и соответствие национальным и международным стандартам отчетности.

Кроме того, структуры управления должны включать в себя строгие механизмы внутренней и внешней отчетности. Внутри компании должны регулярно составляться отчеты, информирующие руководство и соответствующие подразделения об уровне выбросов, тенденциях и областях, требующих улучшения. На внешнем уровне компании должны создать прозрачные каналы связи для раскрытия данных о выбросах заинтересованным сторонам, включая регулирующие органы, инвесторов и общественность. Это может включать публикацию ежегодных отчетов об устойчивом развитии или соблюдение таких рамочных стандартов, как Глобальная инициатива по отчетности⁸⁶ или МСФО.⁸⁷ Подотчетность имеет решающее значение, поэтому система управления должна также включать периодические аудиты и проверку данных о выбросах третьими сторонами для поддержания надежности и доверия.

Операционные стандарты (например, ISO) и лучшие практики прозрачности и раскрытия информации

Руководство компании также должно уделять первоочередное внимание принятию признанных стандартов деятельности, таких как сертификаты ISO, и обеспечивать лучшие практики в области прозрачности и раскрытия информации. Совет директоров и исполнительное руководство должны сначала взять на себя обязательство интегрировать эти стандарты в стратегические рамки компании, признавая, что следование международным стандартам, таким как ISO 14001⁸⁸ (Системы экологического менеджмента), не только улучшает экологические показатели, но и повышает

⁸⁶ Глобальная инициатива по отчетности, 2024, <https://www.globalreporting.org>

⁸⁷ МСФО, 2024 год, ISSB и TCFD, <https://www.ifrs.org/sustainability/tcfd>

⁸⁸ ISO, 2015. Системы экологического менеджмента - Требования и руководство по применению, <https://www.iso.org/standard/60857.html>

конкурентоспособность на рынке. Чтобы реализовать это на практике, в структуре управления должны быть созданы специальные группы или отделы, отвечающие за обеспечение соответствия этим стандартам, включая регулярные аудиты и процессы непрерывного совершенствования. Эти группы также должны быть в курсе изменений стандартов и передовой практики в отрасли, чтобы компания оставалась в авангарде экологических показателей.

Помимо принятия операционных стандартов, руководство должно обеспечить прозрачность и раскрытие информации, которые занимают центральное место в подходе компании к декарбонизации. Это включает в себя создание комплексных систем отчетности, которые отслеживают соблюдение стандартов и открыто информируют заинтересованные стороны о результатах деятельности. В этих отчетах должно быть подробно описано не только соблюдение компанией стандартов ISO, но и ее прогресс в достижении целей по декарбонизации, возникшие проблемы и планы на будущее.

Технологические инновации, НИОКР и проекты по демонстрации инновационных технологий

Еще одним важным моментом является эффективное управление в области продвижения технологических инноваций, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), а также реализации демонстрационных проектов инновационных технологий. Совет директоров и высшее руководство должны уделять приоритетное внимание инновациям как ключевому фактору стратегии декарбонизации компании, включив их в корпоративную миссию и долгосрочные цели. Для этого необходимо создать структуры управления, специально ориентированные на инновации, такие как Комитет по инновациям или должность главного технического директора, которому поручено курировать инициативы в области НИОКР. Эти органы управления должны отвечать за выделение достаточных ресурсов на НИОКР, постановку четких задач по развитию технологий и формирование культуры инноваций во всей организации.

Кроме того, руководство должно обеспечить наличие механизмов для поддержки разработки и расширения масштабов демонстрационных проектов инновационных технологий. Это предполагает создание партнерств с академическими институтами, исследовательскими организациями и поставщиками технологий для ускорения внедрения передовых решений. Система управления также должна включать в себя механизмы оценки и обратной связи, позволяющие регулярно оценивать успех демонстрационных проектов и интегрировать извлеченные уроки в будущие проекты.

Международное сотрудничество между компаниями

Чтобы способствовать международному сотрудничеству в области декарбонизации, металлургическим компаниям необходимы структуры управления, которые активно поддерживают и управляют партнерскими отношениями с другими компаниями за пределами страны. Совет директоров и исполнительное руководство должны признать стратегическую важность международного сотрудничества для достижения целей декарбонизации и включить его в общую стратегию компании. Создание специального подразделения или назначение старшего должностного лица, например директора по партнерствам, для контроля за международным партнерством может обеспечить пристальное внимание к этим инициативам. Этот руководящий

орган будет отвечать за поиск потенциальных партнеров, заключение соглашений и обеспечение соответствия совместных проектов целям устойчивого развития компании и соблюдения международных норм.

Кроме того, система управления должна способствовать прозрачности, подотчетности и обмену передовым опытом в рамках таких партнерств. Необходимо создать регулярные каналы связи и механизмы совместной отчетности для мониторинга хода реализации совместных проектов и обеспечения выполнения всеми сторонами своих обязательств. Кроме того, структура управления должна способствовать передаче знаний и совместной разработке технологий, которые могут быть взаимовыгодными для сокращения выбросов.

10 ПРИМЕРЫ ПИЛОТНЫХ ПРОЕКТОВ И ПОДХОДОВ К ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО СЕКТОРА

В этом разделе представлены исследования пилотных примеров и подходов к декарбонизации металлургического сектора (включая стальной сектор) в других странах, а также оценка их применимости в казахстанском контексте. Проанализированы примеры трех стран с существенным вкладом сталелитейной или металлургической отрасли в валовой внутренний продукт.

10.1 ГЕРМАНИЯ

10.1.1 Контекст

Производство чугуна, стали и ферросплавов в качестве одного из базовых секторов экономики имеет особое значение в цепочке создания добавленной стоимости немецкими промышленными предприятиями. Сталь — это универсальный материал, который проходит различные стадии обработки и используется для производства продукции в самых разных отраслях промышленности. Многочисленные инновации в этом секторе и его тесные связи с другими промышленными отраслями способствуют успеху, например, автомобильной промышленности и машиностроения. С 2019 года оборот отрасли увеличивается в среднем на 3,8 % в год и составляет 50,6 млрд евро, что, в частности, объясняется резким ростом цен на сталь за последние пять лет.

За последние пять лет металлургическая отрасль столкнулась с различными проблемами. Среди них - волатильность цен на сталь и негативные экономические последствия пандемии коронавируса, а также рост торговой напряженности, осложнивший экспортную торговлю. Кроме того, начало войны России против Украины в феврале 2022 года привело к резкому росту цен на электроэнергию и природный газ, что оказало негативное влияние на эту энергоемкую отрасль. Это заставило производителей стали принять меры по сокращению расходов и переложить рост затрат на плечи потребителей, а некоторые участники отрасли сократили производство. Ожидается, что в 2024 году оборот отрасли снизится на 5,7 %. В первую очередь это связано с высокой ключевой процентной ставкой Европейского центрального банка, которая снижает спрос на стальную продукцию в строительной отрасли. В 2024 году ожидается снижение цен на сталь, что также окажет негативное влияние на оборот отрасли.

Германия входит в десятку крупнейших производителей стали в мире и является крупнейшим производителем стали в ЕС. Большую часть стали в Германии производит земля Северный Рейн-Вестфалия - 40 %. По данным Экономической ассоциации производителей стали Германии, в 2021 году в Германии было произведено более 40 миллионов тонн нерафинированной стали. Германия стала восьмым крупнейшим производителем стали в мире. На сталелитейный сектор приходится около пятой части закупок машиностроительной продукции и 12 % закупок автомобильной

продукции. Другими важными отраслями-потребителями являются электротехника, строительство, металлургия и металлообработка. На сталелитейную промышленность, в которой занято около 4 миллионов человек, приходится два из трех промышленных рабочих мест в Германии. Более 80 000 работников заняты в сталелитейной промышленности. Немецкий профсоюз IG Metall и крупнейшая немецкая сталелитейная компания Thyssenkrupp Steel Europe AG договорились о сокращении 3 000 рабочих мест к 2026 году. По данным WV Stahl, в ноябре 2022 года производство нерафинированной стали в Германии сократилось на 18 % по сравнению с ноябрем 2021 года и составило около 2,8 млн тонн.

Германия - мировой рекорсмен по использованию алюминия, – в расчете на душу населения приходится 40 килограммов в год. Информационный портал Planet Wissen объясняет это тем, что в Германии производятся автомобили, а в каждом автомобиле содержится в среднем 150 килограммов алюминия. В настоящее время отрасль находится в критической ситуации из-за роста цен на энергоносители: для производства одной тонны алюминия требуется около 15 МВт·ч электроэнергии. В Германии действуют четыре завода по производству первичного алюминия, три из которых принадлежат компании Trimet Aluminum. Для справки: Алюминиевый завод Trimet расположенный в Эссене потребляет в год столько же электроэнергии, сколько весь остальной город Эссен с населением 600 000 человек. В марте 2022 года компания объявила, что вдвое сокращает производство на заводе в Эссене. Trimet начала сокращать производство на трех из пяти заводов в Германии еще осенью 2021 года. К концу 2022 года производство алюминия-сырца в Германии сократилось на четверть. По сравнению с 2023 годом в январе-марте 2024 года Германия увеличила производство стали на 6% - до 9,7 млн тонн, в том числе на 4,6% - до 6,77 млн тонн в конвертерах.

Ожидается, что в ближайшие пять лет оборот отрасли снизится в среднем на 2,3% до 45,1 млрд евро в 2029 году. Тенденция к созданию легких конструкций в таких отраслях, как автомобилестроение и аэрокосмическая промышленность, означает, что в изделиях вместо стали все чаще используются такие металлы, как алюминий и другие материалы. Эта тенденция, скорее всего, сохранится и в будущем и окажет негативное влияние на развитие сталелитейной отрасли. Кроме того, все более жесткие экологические нормы вынуждают участников отрасли вкладывать значительные средства в модернизацию машин и оборудования, чтобы сократить выбросы CO₂. Многие компании сектора не могут позволить себе этого в финансовом плане, поэтому в ближайшие пять лет следует ожидать от компаний ухода с рынка и консолидации.

Национальные цели Германии по сокращению выбросов парниковых газов:

- Снижение не менее чем 65% к 2030 году по сравнению с 1990 годом.
- Снижение не менее чем 88 % к 2040 году.
- Чистая нейтральность по парниковым газам к 2045 году.
- Отрицательные выбросы парниковых газов (поглощение) после 2050 года.

10.1.2 ДЕЙСТВИЯ И МЕРОПРИЯТИЯ

Германия запускает программу субсидирования декарбонизации промышленности на 50 миллиардов евро

Германия запустила масштабную программу финансирования, направленную на поддержку энергоемких отраслей промышленности, таких как сталелитейная, химическая и цементная, для перехода к климатически нейтральному производству. Программа предлагает значительную финансовую поддержку компаниям, которые хотели бы инвестировать в инновационные и климатически безопасные технологии. Чтобы сделать "зелёные" технологии более привлекательными, правительство Германии опирается на концепцию углеродных контрактов на разницу (CCfD), которая приняла новый инновационный формат.

Эти хеджирующие контракты компенсируют компаниям дополнительные расходы, которые они несут при строительстве (капитальные затраты, CAPEX) и эксплуатации (операционные расходы, OPEX) более климатически безопасных установок (или модернизации существующих установок). Одним из примеров таких климатически благоприятных альтернатив является использование "зелёного" водорода. Преимущество подхода CCfD заключается в том, что инвестиционные риски смягчаются, но при этом не ложатся чрезмерным бременем на налогоплательщиков. Если климатически безопасное производство становится дешевле традиционного, выплаты меняются на противоположные: субсидируемые компании должны вернуть субсидии.

В целом, существуют различные программы финансирования, и правительство уже приняло несколько решений о финансировании пилотных проектов "зелёного" сталелитейного производства.

Процедура присуждения вознаграждения проводится по модели аукциона. Компании, желающие принять участие в аукционе, должны продемонстрировать объем государственного финансирования, который им требуется на каждую тонну предотвращенного выброса CO₂. Цель правительства состоит в том, чтобы стимулировать путем предоставления контракта на защиту климата только те компании, которые переоборудуют свое производство особенно эффективным способом. Отобранные компании получают переменную субсидию в размере превышения затрат, понесенных в результате применения климатически безопасных технологий над их обычными расходами.

Компании, подающие заявку на участие в программе, должны представить условную цену на CO₂, которая позволит им развивать экологически чистое производство, оставаясь конкурентоспособными по сравнению с компаниями, работающими на ископаемом топливе. Например, сталелитейному предприятию, переходящему на экологически чистый водород (т.к. называемый «зелёный» водород, *прим.перев.*), для обеспечения конкурентоспособности может потребоваться цена 300 евро за тонну CO₂, то есть на каждую тонну CO₂, выбросов которой удалось избежать, предприятию дополнительно потребуется 200 евро государственных субсидий. Производство «зелёного» водорода с использованием возобновляемой электроэнергии будет получать более высокие субсидии. Ожидается, что за время действия этой схемы удастся сэкономить 350 миллионов тонн выбросов CO₂ – что составляет треть пути, которую необходимо пройти немецкой промышленности к климатической нейтральности.

В марте 2023 года Германия объявила первый тендер на климатические контракты на разницу (CCfD), предлагая поддержку проектов по декарбонизации промышленности на сумму до 4 млрд евро. Компании представили требуемую надбавку к текущим ценам на углерод для реализации их проектов. К участию в конкурсе допускаются проекты с наименьшей надбавкой к ценам на углерод в рамках ЕС СТВ. Первый тендер ориентирован на средние компании в бумажной, стекольной, химической, сталелитейной и металлургической отраслях. Сумма поддержки ограничена одним миллиардом евро на проект, при этом типичный 15-летний контракт на поддержку скорее всего будет составлять сотни миллионов евро.

Компании могут использовать средства для перехода на более экологичные процессы с использованием возобновляемой энергии или «зелёного» водорода, а также для добавления оборудования для улавливания углерода в существующие процессы. Второй тендер, ориентированный на более крупные проекты, был открыт летом 2023, и еще два тендера запланированы на 2025 год.

В целом, по оценкам, этот инструмент позволит сэкономить около 350 млн тонн выбросов CO₂ к 2045 году, что составляет около 20 млн тонн/год, или треть от целевого показателя сокращения выбросов на 2030 год для немецкой промышленности. Немецкая промышленность, годовой объем выбросов CO₂ которой в 2023 году снизился на 12 % по сравнению с предыдущим годом и составил около 144 млн т, должна достичь к 2030 году целевого показателя в 118 млн т в соответствии с климатическим законодательством Германии.

План поэтапного отказа от угля в Германии

В июле 2020 года парламент Германии принял закон об отказе от использования угля. В законе об уходе от угля (выходе из угля) изложена дорожная карта по закрытию оставшихся угольных электростанций страны, четко разграничивающая различные пути действий в случае бурого и каменного углей. Отказ от бурого угля оказывает большее влияние на регионы и работников горнодобывающей промышленности, чем отказ от каменного угля. Последняя шахта по добыче каменного угля в Германии закрылась в 2018 году.

Закон о выходе из угольной отрасли подробно описывает поэтапное сокращение и прекращение производства электроэнергии на угле в Германии. Он следует рекомендациям комиссии по выводу угля из использования, принятым в 2019 году, и определяет, сколько угольных генерирующих мощностей останется на немецком рынке электроэнергии в будущем. Уход будет происходить в три этапа:

- К концу 2022 года останется 15 гигаватт (ГВт) мощностей на каменном угле и 15 ГВт на буром угле (с 22,8 ГВт на каменном угле и 21,1 ГВт на буром угле в 2019 году)
- К 2030 году останется 8 ГВт мощностей на каменном угле и около 9 ГВт на буром угле
- Не позднее конца 2038 года в стране не останется угольных энергетических мощностей, так как будет завершён постепенный отказ от использования угля

- Три обзора в 2026, 2029 и 2032 годах должны решить, можно ли завершить поэтапный отказ уже к 2035 году.

В одобренном правительством законопроекте от 30 июня 2020 года говорится, что сокращение мощностей на каменном угле будет осуществляться с помощью аукционов, организуемых Федеральным сетевым агентством (BNetzA) до 2027 года. На этих аукционах операторы угольных станций могут предложить объемы мощностей, которые будут выведены из эксплуатации, и сумму, которую они требуют за закрытие. Операторы угольных станций получают "премию за каменный уголь" за мощности, которые они выводят из эксплуатации.

Аукционы:

- первый аукцион в сентябре 2020 года на отключение 4 ГВт - максимальное вознаграждение 165 000 евро/МВт
- аукцион на 2021 год на отключение 1,5 ГВт - максимальное вознаграждение 155 000 евро/МВт
- аукцион в начале 2021 года с объемом, необходимым для достижения цели - 15 ГВт в конце 2022 года - максимальное вознаграждение 155 000 евро/МВт
- еще один аукцион летом 2021 года на мощности, которые должны быть выведены из эксплуатации к 2023 году - максимальное вознаграждение 116 000 евро/МВт
- дополнительные аукционы в 2022-24 годах на мощности, которые будут выведены из эксплуатации в 2024-2027 годах - максимальные вознаграждения 107 000, 98 000 и 89 000 евро/МВт

Кроме того, правительство ввело адаптационные выплаты для пожилых работников бурогоугольных шахт и электростанций, работающих на каменном и буром угле, которые потеряют работу в связи с планами выхода из угольной отрасли. Максимальная сумма выплат составит 5 миллиардов евро до 2048 года.

Введение маркировки LESS Steel в Германии - важный шаг для декарбонизации сталелитейной и металлургической промышленности

Единая маркировка LESS для "зелёной" стали является необходимым условием для создания "зелёных" рынков и "зелёных" государственных закупок. Маркировка стали разрабатывается сталелитейной ассоциацией, и они намерены внедрить ее на уровне ЕС. Это будет частная маркировка, а не национальная или управляемая правительством.

Стандарт стали с низким уровнем выбросов (LESS), который планируется принять на международном уровне, классифицирует стальную продукцию в зависимости от удельных выбросов парниковых газов и доли используемого лома по шкале с шестью уровнями.

Такая маркировка необходима для создания "зелёных" рынков и «зелёных» государственных закупок. Благодаря единообразному определению того, какие продукты могут быть классифицированы и,

следовательно, продаваться как "зелёные", ранее раздробленный рынок, на котором доминировали различные сертификаты, становится единым.

- , международная перспектива имеет решающее значение особенно для стали, продаваемой на глобальном рынке. Тот факт, что LESS разработан с учетом международной совместимости, является правильным и важным.
- Прозрачность должна стать неотъемлемой частью этого процесса. В случае успеха это может стимулировать декарбонизацию международной сталелитейной промышленности. Систему LESS сертификации планируется внедрить в течение 2024 года.
- Хотя LESS сертификация будет разрешена только в узких и определённых рамках, от правильности ее применения будет зависеть, в какой степени маркировка будет способствовать усилиям по преобразованию. Массовое приравнивание частично преобразованной продукции к полностью преобразованной чревато задержкой глубоких преобразований - особенно до тех пор, пока на "зелёную" сталь не будет широко распространённого спроса.
- Чтобы достичь поставленных климатических целей и идти в ногу с международным развитием, необходимо уже сейчас приступить к глубоким преобразованиям.

10.1.3 Воздействие и результаты

Грант для немецкой компании BMWK на декарбонизацию сталелитейной промышленности

Федеральное министерство экономики и защиты климата Германии BMWK, выделило 880 000 евро (914 000 долларов) на проект по декарбонизации сталелитейной компании Georgsmarienhütte, который позволит сократить выбросы углерода и импорт природного газа. Это первый случай, когда BMWK финансирует проект, направленный на декарбонизацию сталелитейного производства. На эти средства компания Georgsmarienhütte - немецкий поставщик прутков из высококачественной конструкционной и нержавеющей стали - построила установку для термической обработки стальных прутков методом закалки и отпуска и ввела ее в эксплуатацию в середине 2023 года.

В традиционном энергоемком процессе закалки печи для повторного нагрева работают на природном газе и производят выбросы парниковых газов, но в данном проекте они работают на экологически чистом электричестве. Проект позволил заменить один из основных источников выбросов CO₂ на предприятии Georgsmarienhütte GmbH в Нижней Саксонии и в то же время внести вклад в снижение зависимости Германии от импорта природного газа. Только на этом заводе, согласно заявлению BMWK, удастся избежать выбросов CO₂ в объеме около 2 800 т/год.

Экологически чистое электричество ветровой электростанции на Амрум банке будет питать поезда Deutsche Bahn

В 2019 году компания RWE заключила с Deutsche Bahn соглашение о поставках электроэнергии с морской ветровой электростанции Nordsee Ost, расположенной недалеко от острова Гельголанд. Начиная с 2024 года, Deutsche Bahn (Немецкая железная дорога) будет получать электроэнергию от морской ветровой электростанции Amrumbank West компании RWE Renewable. Соответствующее соглашение о покупке электроэнергии (PPA-контракт, договор о покупке электроэнергии) было подписано Deutsche Bahn и RWE Supply&Trading, торговой дочерней компанией RWE. Срок действия PPA-контракта начнется в 2024 году и продлится до 2039 года.

Deutsche Bahn уже является крупнейшим потребителем "зеленой" электроэнергии в Германии. К 2038 году вся электроэнергия, питающая поезда Deutsche Bahn, должна на 100% поступать из возобновляемых источников; в настоящее время этот показатель составляет 61%. Ключевой вклад в это дело внесет "зеленое" электричество от RWE. С 2014 года гидроэлектростанции компании поставляют Deutsche Bahn около 880 МВт·ч "зеленой" электроэнергии в год.

ВЭС Amrumbank West расположен примерно в 30 км от острова Гельголанд в Северном море и имеет в общей сложности 80 ветровых турбин установленной мощностью 288 мегаватт. Она находится в эксплуатации с 2015 года. Для поставок энергии для Deutsche Bahn требуется электричество 18 ветротурбин, что составляет около четверти годовой генерации морского ветропарка. В общей сложности это около 260 МВт·ч (для сравнения, - этого электричества достаточно, чтобы ежегодно обеспечивать экологически чистой энергией около 300 000 домохозяйств).

Развитие оффшорной ветроэнергетики в Германии

В общей сложности 1 501 оффшорная ветровая турбина общей мощностью 7 770 МВт подает электроэнергию в немецкую сеть из Северного и Балтийского морей. В настоящее время Германия располагает 7 770 МВт установленных оффшорных ветровых мощностей и с этим результатом занимает третье место в мире после Великобритании и Китая. В 2020 году страна добавила еще 219 МВт оффшорных ветровых мощностей.

По установленной мощности Германия находится на втором месте в мире после Великобритании: в 2019 году в стране было установлено 7,5 ГВт, что составляло 12,3% от общей установленной ветроэнергетической мощности страны, при 1 500 действующих оффшорных ветротурбинах. В 2019 году количество установленных оффшорных ветротурбин впервые превысило количество наземных установок: в том году в море было установлено 1,1 ГВт. В 2019 году их количество морских ветротурбин увеличилось на 17 % по сравнению с 2018 годом. В результате в том же году производство электроэнергии с помощью оффшорных ветрогенераторов в Германии составило 24 700 ГВт·ч, или 19,6 % от общего объема производства ветроэнергии в стране.

По данным отраслевой группы Fachagentur Windenergie an Land, валовое увеличение мощности наземных турбин в 2019 году составило около 0,9 ГВт с 276 турбинами. Тысячи запланированных проектов по строительству наземных ВЭСв Германии в настоящее время приостановлены, в основном из-за конфликтов с авиационными властями, а также из-за протестных групп, оспаривающих новые проекты в суде.

На долю немецких ветропарков приходится 27,6 % мировых оффшорных ветроустановок, и за последние годы Германия обогнала по этому показателю Данию и Китай. В 2020 году энергия от всех ветровых турбин составила 30 % от объема электроэнергии, поступающей в немецкую энергосистему. На морскую ветроэнергетику пришлось около 6 % всей электроэнергии, произведенной в Германии в 2020 году.

10.1.4 Уроки немецкого опыта для Казахстана

Углубленные тематические исследования проливают свет на ключевые стратегии декарбонизации:

1. Активизация энергоэффективности

Немецкий опыт включает в себя множество методов оптимизации использования энергии в производственных процессах. Очень важно, что эти меры оказались не только эффективными, но и экономически выгодными. Например, в ряде случаев реализация мер по повышению энергоэффективности позволила стабилизировать спрос на энергию на постоянном уровне, что само по себе является значительным достижением.

2. Поддержка использования возобновляемых источников энергии

Компании, инвестировавшие в расширение своих мощностей по использованию возобновляемых источников энергии или заключившие долгосрочные соглашения о поставках возобновляемой энергии для покрытия своих энергетических потребностей, стали лидерами на пути к декарбонизации. Опыт Германии и соответствующих компаний демонстрирует ценность перехода на более чистые, возобновляемые источники энергии. Это особенно актуально в контексте меняющейся динамики производства электроэнергии и значительного потенциала снижения выбросов.

3. Водородный переход

Переход с природного газа на водород - еще одна мощная стратегия, обладающая значительным потенциалом сокращения выбросов парниковых газов. Этот переход влияет не только на выбросы по Охвату 1 (Score 1), но и на выбросы по Охвату 2 (Score 2). Он обеспечивает четкий путь к устойчивому и низкоуглеродному будущему.

4. Дорожная карта декарбонизации: Путеводный свет

Одним из важнейших аспектов является разработка дорожной карты декарбонизации, согласованной с целями по снижению выбросов ПГ, которая предлагает компаниям подробный план достижения целей по сокращению выбросов. Эта дорожная карта содержит четко определённые сроки, конкретные цели и меры по достижению желаемого сокращения выбросов ПГ.

5. Преодоление разрыва: проблемы и успехи переходного периода

Опыт Германии показывает некоторые существующие ограничения, такие как необходимость в более обширных данных и лучшей трансграничной сопоставимости. Это показывает, насколько важно учитывать выбросы на начальном этапе цепочки создания стоимости, что способствует комплексному подходу к сокращению выбросов углерода.

Следует отметить, что в Германии возникли серьезные технические проблемы с линиями электропередач (ЛЭП) и соответствующими передающими возможностями систем передачи энергии. Существующие ЛЭП устарели, и немецкое государство инвестировало дополнительные значительные суммы в обновление инфраструктуры, в т.ч. - новые распределительные сети более высокого напряжения, новые межсистемные соединения, оборудование для автоматизации и разграничения, новые трансформаторные подстанции и соответствующие соединения и межсистемные присоединения и т.д.

6. Возможность заключения долгосрочных PPA-контрактов является преимуществом для металлургической промышленности

Цены на электроэнергию, по которой ее покупают промышленные предприятия, являются одним из наиболее спорных аспектов энергетического перехода в Германии и его экономических последствий. Следует отметить, что для промышленных потребителей не существует единой цены на электроэнергию, а существует очень широкий диапазон цен. Из-за сложной системы налогов и сборов они зависят от того, сколько электроэнергии необходимо компаниям, когда она им нужна, как они ее добывают, конкурируют ли они с зарубежными конкурентами и от многих других факторов.

Многие компании внимательно следят за долгосрочными договорами о покупке «зелёной» электроэнергии (PPA-контракты), чтобы лучше ориентироваться в ценах на электроэнергию. Такие контракты между производителем энергии и её потребителем - например, между ветропарком и каким-либо заводом, - определяют условия продажи электроэнергии и гарантируют долгосрочную многолетнюю ценовую стабильность.

7. Последствия для политики: Стимулирование корпоративных климатических действий

Опыт Германии подчеркивает необходимость политических стимулов для поощрения корпоративного сокращения выбросов ПГ. Он предполагает, что долгосрочная, определённая цена на углерод может сыграть важную роль в мотивации предприятий к принятию стратегий декарбонизации. Кроме того, на государственном уровне необходимо поддерживать возобновляемую энергетику и инфраструктуру «зелёного» водорода посредством целевой инвестиционной поддержки. Полученные результаты подчеркивают важную роль политики и нормативно-правовой базы в стимулировании климатических действий.

Таким образом, анализ стратегий декарбонизации немецких производственных компаний из металлургической отрасли представляет собой значительный шаг к пониманию роли различных отраслей промышленности в уменьшении влияния на климат. Он показывает, что универсального подхода к декарбонизации не существует. Компании должны учитывать свои уникальные обстоятельства, стратегические изменения и внедрение возобновляемых источников энергии — все это жизненно важно для достижения целей по борьбе с изменением климата.

10.2 АВСТРАЛИЯ

10.2.1 Контекст

BlueScope - крупнейший австралийский производитель стали со стоимостью акций около двух миллиардов долларов США, имеющий предприятия в других странах Тихого океана, Китае, Индии и Северной Америке. В австралийском подразделении компании, Australian Steel Products (ASP), работает около 7 000 сотрудников на примерно 100 предприятиях по всей Австралии. ASP производит и распространяет плоский стальной прокат под такими ведущими брендами, как сталь COLORBOND® и сталь TRUECORE®. Сталелитейное производство компании расположено в Порт-Камбл, Новый Южный Уэльс, Австралия, и известно как Port Kembla Steek Works (PKSW). PKSW является традиционным сталеплавильным предприятием полного цикла, использующим технологию с использованием выплавки чугуна в доменных печах (ДП) и последующей варки стали в кислородных конвертерах.

Компания BlueScope вслед за крупнейшими мировыми производителями стали (ArcelorMittal, ThyssenKrupp, Voestalpine SSAB/LKAB/Vattenfal, Nippon Steel и POSCO) взяла на себя обязательства по достижению нулевого углеродного баланса к 2050 году. Путь декарбонизации компании BlueScope, который касается и ее подразделения PKSW показан на рисунке 15. Он основан на двух среднесрочных целевых показателях удельных выбросов ПГ на 2030 год и долгосрочной цели по достижению нулевого углеродного баланса к 2050 году (см. Рисунок 17). Цели по снижению удельных выбросов углерода на 2030 год - 12 % в сталелитейном производстве и 30 % для остального производства основаны на реальных условиях работы завода.⁸⁹

Деятельность PKSW по декарбонизации будет осуществляться по двум параллельным направлениям. Во-первых, в следующем десятилетии деятельность будет направлена на оптимизацию существующих доменных печей путем изучения ряда инициатив по снижению удельных выбросов. Во-вторых, параллельно будет осуществляться деятельность по созданию пути для достижения цели BlueScope в достижении нулевого баланса к 2050 году. Это второе направление работы, ориентированное на будущее, включает в себя комплексную программу технических исследований.⁹⁰

Достижение цели нулевого углеродного баланса к 2050 году в значительной степени зависит от нескольких факторов, способствующих этому, включая коммерческую эффективность новых и прорывных технологий, доступность недорогих и надежных возобновляемых источников энергии и водорода, наличие качественного сырья, а также соответствующие политические меры. Прорывным технологиям, включая «зелёный» водород, УХУ и электролитическое восстановление потребуется время, чтобы достичь коммерческой стадии. На данном этапе они сосредоточены на оптимизации, развивающихся технологиях, замене доменных печей и внедрению ЭДП.

⁸⁹ BlueScope, 2024. Отчет о действиях в области климата, <https://www.bluescope.com/sustainability/climate-action>

⁹⁰ Paul Zulli, 2023. Отчет по фазе 3 Исследование ВИЭ и сокращения выбросов на сталелитейном заводе Порт-Кембла - оценка приоритетных вариантов и потенциальных путей декарбонизации

Оптимизация текущих производственных активов включает в себя повышение эффективности активов и процессов и модернизацию технологий там, где это возможно.

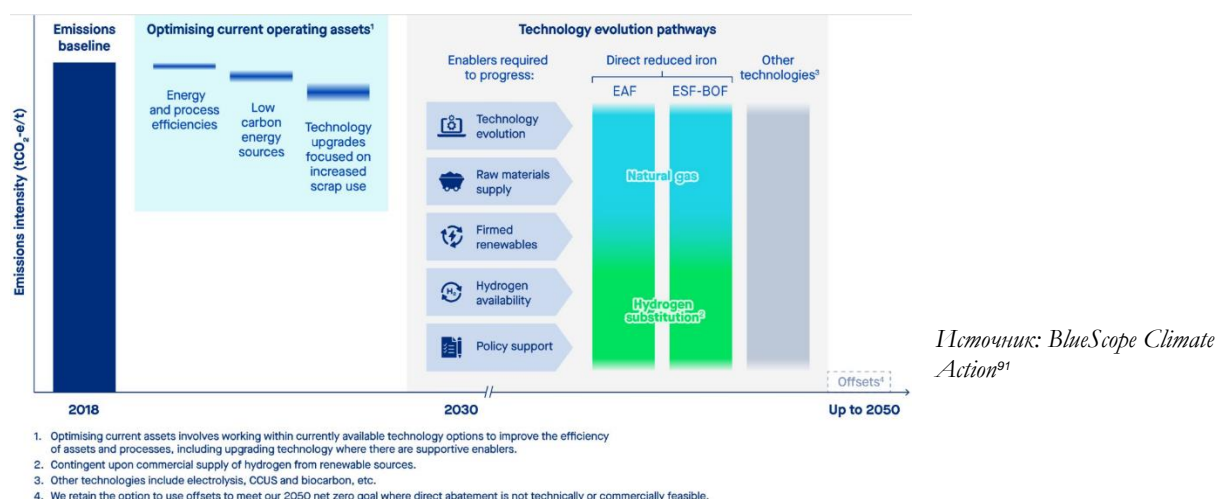
10.2.2 Действия и мероприятия

Признавая, что «зелёная» сталь еще не доступна в промышленных масштабах, PKSW работает над оптимизацией существующих активов и процессов, а также в партнерстве с промышленными и исследовательскими организациями для продвижения технической и коммерческой жизнеспособности будущих вариантов технологии. В ближайшей и среднесрочной перспективе основное внимание будет уделено

- Оптимизация состава сырья.
- Улавливание и повторное использование большей доли отработанного тепла и газов.
- Потенциальная замена части угля, используемого в настоящее время в доменном процессе, на альтернативные восстановители, такие как водород.
- Создание рынков для сопутствующих продуктов посредством улавливания, утилизации и хранения углерода (УХУ, CCUS).
- Повышение уровня использования металлолома и возобновляемых источников энергии для сокращения или устранения выбросов ПГ по Охвату 2 также являются ключевыми направлениями.

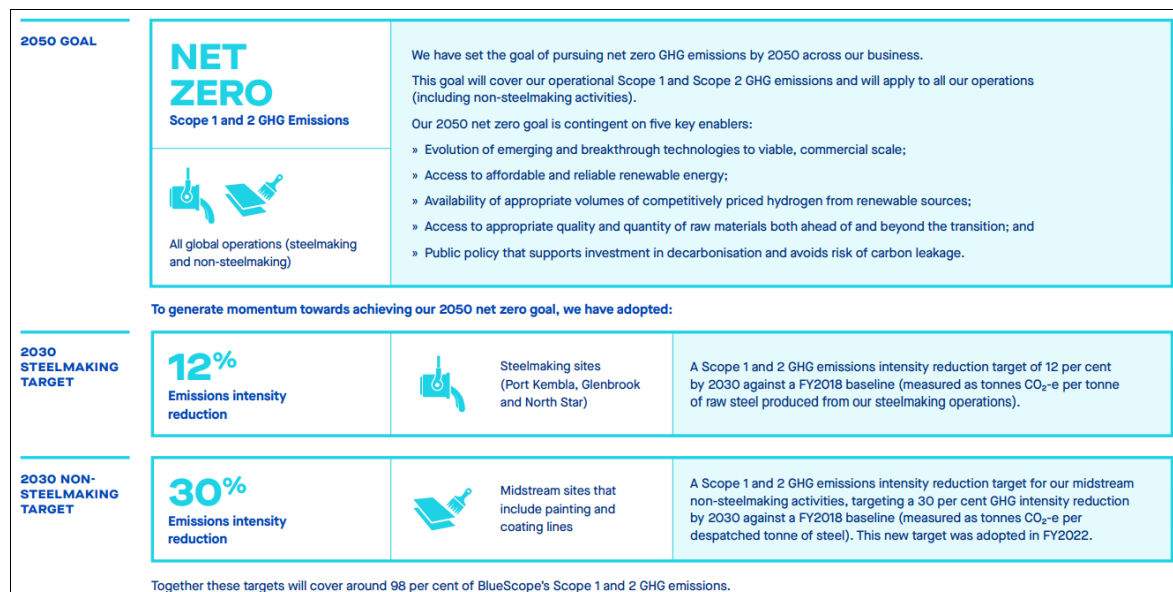
Компания BlueScope выделила 150 миллионов долларов на пять лет, начиная с 2023 финансового года, для финансирования своего технологического плана, связанного с климатом.

Рисунок 16: Ориентировочный путь компании BlueScope по декарбонизации черной металлургии.



⁹¹ BlueScope Climate Action, 2024, <https://www.bluescope.com/sustainability/climate-action>

Рисунок 17: Цели BlueScope на 2030 год и цель нулевого углеродного баланса в 2050 году



Источник: BlueScope Climate Action⁹¹

Действия в период до 2030 года

А. Компания PKSW уже выполняет следующий план исследований, состоящий из 3 этапов:⁹²

Этап 1: Изучение потенциальных возможностей сокращения выбросов ПГ на PKSW и определение набора приоритетных вариантов⁹³. На этом этапе был применен качественный анализ вариантов для оценки 17 текущих и будущих технологических областей, связанных с избежанием выбросов углерода: доменное производство чугуна, производство кокса и аглопроизводство, альтернативное производство чугуна, производство стали, и УХУ (улавливание, утилизация и хранение углерода, CCUS). Около 100 различных процессов и вариантов материалов в этих областях были рассмотрены с использованием нижеследующей методологии.

Для оценки каждого участка применялись четыре технических критерия принятия решений, имеющих специфику и применимых к PKSW:

(1) Уровень готовности технологии.

⁹² Paul Zulli, Xue Feng Dong, Chris McMahon, Andrew McClure and Peter Austin, "Фаза 3 отчета Port Kembla Steelworks renewables and emissions reduction study - Assessment of prioritised options and potential decarbonisation pathways for the Port Kembla Steelworks", Sept, 2023, <https://arena.gov.au/assets/2024/03/Bluescope-Steel-Port-Kembla-Steelworks-Renewables-Emissions-Reduction-Study-Phase-3-Report.pdf>

⁹³ Отчет по фазе 1 - Сталелитейный завод Порт-Кембла Определение приоритетных вариантов Сталелитейный завод Порт-Кембла Определение приоритетных вариантов - Австралийское агентство по возобновляемым источникам энергии (ARENA)

(2) Предполагаемые сроки и наличие.

(3) Потенциал снижения выбросов (Охват 1 и Охват 2).

(4) Потенциальное воздействие на производство и ключевые показатели эффективности, включая операционные риски.

Для выявления/отсеивания нежизнеспособных технологий для PKSW применялся подход "Критические недостатки", основанный на анализе неспособности технологии достичь хотя бы одной из трех ключевых целей:

- Высокоуровневые бизнес-планы компании BlueScore (например, крупные капиталовложения, например, включающие запланированную реконструкцию и модернизацию ДП № 6),
- планы энергетического сектора (например, использование ВИЭ),
- изменения государственной политики.

На этом этапе была применена командная оценка проекта для определения краткосрочных и долгосрочных целей.

Этап 2: Изучение потенциальных вариантов поставок биомассы и биоугля (разновидность древесного угля, образуется в т.ч. в качестве отхода в т.ч. при пиролизе биомассы, так называемый биочар (biochar, biocharcoal, *англ.*), вариантов пиролизного оборудования для получения биочара из биомассы, а также пилотных и заводских испытаний биочара.⁹⁴

Этап 3: Окончательная оценка приоритетных вариантов, определённых на Этапе 1, включая:

- Качественная оценка эксплуатационных, инженерных, экологических аспектов и аспектов безопасности для PKSW.
- Моделирование технологических схем на основе интеграции процессов (PI) для некоторых приоритетных вариантов по сравнению с базовой деятельностью PKSW.
- Процесс окончательной оценки.
- Дорожная карта PKSW по декарбонизации, включающая планирование дальнейших исследований.

Б. Для достижения целей по сокращению к 2030 году они продолжают оптимизировать текущие операционные активы.

⁹⁴ Отчет по фазе 2 - Исследование по возобновляемым источникам энергии и сокращению выбросов сталелитейного завода Порт-Кембла - Biochar Investigation Bluescope Generic Report Template_v5. www.arena.gov.au

- i. Сначала они сосредоточились на биочаре и возможности его использования для замены части угля, вводимого в доменную печь. Пилотные испытания в Университете Вуллонгонга [при поддержке ARENA (Австралийское агентство по возобновляемым источникам энергии)] и заводские испытания на ДП № 5 компании PKSW показали, что смеси биочара и угля с содержанием биочара до 20% могут успешно использоваться для замены пылевидного угля в доменных печах, по крайней мере, в течение короткого периода времени, без ущерба для стабильности, производительности процесса или качества горячего металла. В настоящее время они работают с несколькими проектами по устойчивому снабжению биочаром в Австралии, поскольку в стране отсутствует цепочка поставок биочара в промышленных масштабах.
 - ii. Имитационная модель была использована для оценки потенциального сокращения выбросов (CO₂) при использовании четырех альтернативных веществ в ДП № 5: биочар, торрефицированная биомасса (TB, Torrefied Biomass, *англ.*), коксового газа (COG, Coke Ovens Gas, *англ.*) и водород. Результаты моделирования были использованы при оценке этих приоритетных вариантов. Они были разделены на кратко-, средне- и долгосрочные, с учетом того, что ДП № 6 будет переоборудована и эксплуатироваться в кратко- и среднесрочной перспективе, а в долгосрочной перспективе для достижения в 2050 году цели нулевого баланса потребуются кардинальные изменения.
- В. Максимальное использование стального лома на PKSW остается ключевой задачей на период до 2030 года. Сталь - один из самых перерабатываемых материалов, используемых сегодня, и является ключевым фактором, способствующим снижению выбросов при производстве стали. По прогнозам МЭА, к 2050 году 45% мирового спроса на сталь может быть удовлетворено за счет стального лома. Существуют значительные региональные различия в наличии стального лома, качество которого подходит для производства вторичной стали. Дефицит лома подходящего качества в Австралии затрудняет использование ЭДП для производства плоского проката (например, стали COLORBOND®).
- Однако PKSW увеличила содержание лома в сталеплавильном процессе примерно с 21,5% до 25% с 2019 по 2022 год. Учитывая охлаждающий эффект добавления лома, текущее его содержание в сталеплавильном процессе приближается к техническому пределу. Цель PKSW - увеличить содержание лома до 30 % к 2030 году путем изучения способов предварительной плавки лома, а также ряда модификаций оборудования, что может снизить удельные выбросы примерно на 6%.
- Г. PKSW также работает над оптимизацией мониторинга использования воды, сокращением потребления пресной воды из общественных источников, например, за счет рециркуляции воды и сбора дождевых осадков воды, а также над улучшением качества водоотведения.

Действия в период до 2030 года и далее

Компания BlueScore нацелена на разработку четкого пути к низкоэмиссионному "первичному" сталеплавильному производству в Австралии. Технология прямого восстановления железа (прямовостановленное железо, ПВЖ) является наиболее перспективной для декарбонизации австралийского бизнеса компании BluScore. Компания изучает передовые технологические

разработки в области ПВЖ на природном газе в качестве переходного пути к использованию «зеленого» водорода для производства стали с низким уровнем выбросов.

В феврале 2024 года компания BlueScope объявила о заключении нового рамочного соглашения с Rio Tinto и ВНР с целью ускорения процесса декарбонизации сталелитейного производства путем совместного изучения вопроса о создании первого в стране опытного завода по производству чугуна с электроплавильной печью (Electric Smelting Furnace, ESF, *англ.*). ESF — это тип печи, которая обрабатывает сырье для ПВЖ (DRI) и отделяет примеси для получения жидкого чугуна, пригодного для конвертерного производства, которое может производить более широкий спектр стальной продукции.

"Мы считаем, что дальнейшая разработка технологии ESF является ключом к раскрытию уникальных преимуществ Австралии в процессе декарбонизации и, что более важно, имеет потенциал для более широкой адаптации в мировой сталелитейной промышленности. Мы считаем, что это сотрудничество, в ходе которого мы сможем использовать уникальный опыт BlueScope в эксплуатации ESF, станет ключом к разгадке секрета использования руд месторождения Pilbar в производстве железа с низкими удельными выбросами". Тания Арчибальд, исполнительный директор Australian Steel Products.

В долгосрочной перспективе PKSW продолжит изучать различные технологические схемы и понимать, как они могут вписаться в их деятельность в зависимости от развития технологий, наличия энергии и сырья, а также региональной политики.

10.2.3 Воздействие и результаты

Приоритетные варианты, предложенные для дальнейших действий, в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе, представлены ниже на рисунке 17. Дальнейшие действия были рекомендованы для приоритетных вариантов с наибольшим потенциалом экономической целесообразности и вклада в сокращение выбросов на PKSW.

Краткосрочный и среднесрочный период:

Предварительно восстановленные агломераты (Pre-Reduced Agglomerates, PRA, *англ.*): К новым материалам, загружаемым в доменную печь относятся углеродсодержащие агломераты (Углеродсодержащие агломераты (Carbon Containing Agglomerates, CCA, *англ.*), PRA и феррококс. PRA в виде горячебрикетированного железа (ГБЖ (Hot Briquetted Iron, HBI, *англ.*)), произведенного с использованием процесса ПВЖ (DRI), с некоторыми ограничениями степени является товаром, продаваемым по всему миру, хотя большая часть производства приходится на конечных потребителей. По данным японской компании Kobe Steel, с учетом выбросов Охвата 3 (Score 3) возможно сокращение общего объема выбросов ПГ при производстве чугуна на 12 %. Необходимо отслеживать текущие затраты и выгоды от использования ГБЖ и учитывать их в процессе выбора материалов на PKSW. Для проведения испытаний технологии ГБЖ потребуются дополнительные исследования.

Биомасса: Как уже говорилось, после успешных испытаний биочара в количестве до 30%, смешанного с углем, полученным методом вдувания пылевидного угля (пылеугольное топливо, ПУТ, (Pulverized Coal Injection, PCI, *англ.*)) в течение 24 часов на PKSW, предлагается провести более длительные испытания и изучить потенциальных поставщиков, планирующих производить биочар в Австралии.

Использование лома в конвертерном производстве: Как упоминалось ранее, после успешного увеличения содержания лома до 25% в период с 2019 по 2022 год, PKSW работает над тем, чтобы довести содержание лома до 30% к 2030 году и далее.

Рисунок 18: Приоритетные варианты для PKSW

ПРИОРИТЕТНЫЕ ВАРИАНТЫ	ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	РЕКОМЕНДАЦИИ
КРАТКОСРОЧНАЯ И СРЕДНЕСРОЧНАЯ ПЕРСПЕКТИВА		
Доменное производство чугуна		
Новые материалы для доменных печей		
<ul style="list-style-type: none"> Предварительно восстановленные агломераты (PRA) 	ДА	Требуются дополнительные исследования, что может потребоваться для испытаний технологии ГБЖ.
Применение биомассы в производстве чугуна	ДА	Дальнейшее изучение перспектив производителей биочара в Австралии для проведения более длительных испытаний
Выплавка стали		
ПВЖ (DRI) и утилизация лома в кислородных конвертерах		
<ul style="list-style-type: none"> Утилизация лома в кислородных конвертерах, включая предварительный нагрев лома 	ДА	Продолжение текущих испытаний и исследований для увеличения использования лома в кислородных конвертерах
ДОЛГОСРОЧНАЯ ПЕРСПЕКТИВА		
Альтернативное производство чугуна		
Прямое восстановление в кипящем слое	ДА	Требуется завершение изучения вариантов
прямое восстановление в шахтных печах	ДА	Требуется завершение изучения вариантов
Сталеплавильных		
Использование DRI в схеме DIR-ESF	ДА	Требуется завершение изучения вариантов Продолжение существующего сотрудничества по разработке схемы DRI-ESF
Использование ПВЖ (DRI) в схеме ПВЖ-ЭДП (DIR-ESF)	ДА	Полное изучение вариантов

Источник: PKSW, 2023⁹⁵

Долгосрочная перспектива:

Прямое восстановление в псевдоожиженном слое: В процессах прямого восстановления в псевдоожиженном слое используется железорудная мелочь, не требующая значительной агломерационной обработки. В этом процессе железорудная мелочь проходит через серию реакторов с кипящим слоем, эффективно нагревается и восстанавливается природным газом (в настоящее время, как правило, риформированным природным газом и синтез-газом, а в будущем, возможно, и «зелёным» водородом). Было рекомендовано провести полное исследование вариантов использования технологии ПВЖ для долгосрочной выплавки стали.

Прямое восстановление в шахтных печах: На большинстве установок прямого восстановления используются реакторы с шахтными печами, основанные на технологиях MIDREX или HYL-ENERGIRON. Шахтные печи представляют собой реакторы с движущимся слоем, работающие в противотоке, с восходящим потоком восстановительного природного газа и нисходящим потоком железосодержащих материалов. Также рекомендуется провести полное исследование вариантов данного процесса для PKSW.

Схема DRI-ESF-BOF: В долгосрочной перспективе сталеплавильное производство будет зависеть от выбранной технологии выплавки чугуна. Схема DIR-ESF (Direct Reduced Iron - Electric Smelting Furnace) с использованием гематита будет соответствовать продолжению использования конвертерного производства стали, в то время как технология ПВЖ с использованием магнетита - нет, и потребуются использование ЭДП вместо конвертеров. PKSW будет использовать опыт завода BlueScope New Zealand Steel, который имеет большой опыт работы с ESF. Рекомендуется провести полное исследование вариантов.

Схема DRI-EAF (ПВЖ-ЭДП): Использование ПВЖ в электродуговой печи (ЭДП) является зрелой технологией: в настоящее время по этой схеме производится около 8% мировой стали. Основным ограничением в применении этой технологии является требование использования высококачественной железной руды. BlueScope включит процесс ПВЖ-ЭДП в будущие планы по производству железа.

Барьеры

У PKSW есть те же барьеры и возможности, с которыми сталкивается большинство отраслей, таких как сталелитейная, которые труднее всего поддаются декарбонизации с целью достижения нулевого углеродного баланса. Однако наиболее заметными барьерами являются:

- Недоступность приемлемых и надежных источников «зелёного» водорода

⁹⁵ Сталелитейный завод Порт-Кембла, 2023 год. Фаза 3 отчета Port Kembla Steelworks renewables and emissions reduction study - Assessment of prioritised options and potential decarbonisation pathways for the Port Kembla Steelworks", <https://arena.gov.au/assets/2024/03/Bluescope-Steel-Port-Kembla-Steelworks-Renewables-Emissions-Reduction-Study-Phase-3-Report.pdf>

- Нехватка надлежащих цепочек поставок новых доменных материалов и металлолома
- Нехватка поставок биомассы и биочара
- Пробелы в знаниях о новых технологиях
- Неполное понимание особенностей водородной металлургии для доменных процессов
- Сложность модернизации до уровня новых технологий
- Высокая стоимость
- Неблагоприятные государственные нормативные акты

Наиболее значимыми возможностями являются:

- Благоприятное государственное регулирование
- Доступ к сотрудничеству со всеми технологическими игроками на рынке
- Решимость следовать по пути декарбонизации с целью достижения нулевого углеродного баланса к 2050 году.

Благоприятное государственное регулирование

С 1 июля 2024 года в Австралии начал действовать механизм Safeguard⁹⁶. Согласно этому механизму, компании, наиболее загрязняющие окружающую среду страны, будут вынуждены сокращать выбросы углекислого газа примерно на 5 процентов в год с 1 июля и до конца текущего десятилетия. Однако производители стали, цемента и алюминия, чьи технологические процессы зависят от ископаемого топлива, но пока не имеют коммерчески жизнеспособных альтернативных технологий с использованием электроплавки, должны будут сокращать свой углеродный след всего на один процент в год. Они также получают доступ к 400 миллионам долларов в виде грантов, которые помогут им перейти к более чистому производству.

Потенциальные негативные последствия для BlueScore от защитного механизма федерального правительства по сокращению выбросов, который вступает в силу 1 июля, были существенно смягчены, по словам компании.

⁹⁶ Правительство Австралии, 2024 год. Гарантийный механизм, https://www.dcceew.gov.au/climate-change/emissions-reporting/national-greenhouse-energy-reporting-scheme/safeguard-mechanism#toc_2

10.2.4 Уроки австралийского опыта для Казахстана

Позиция Казахстана в отношении ресурсно-ориентированной экономики схожа с позицией Австралии, где имеются аналогичные запасы железной руды и, следовательно, сырья для производства чугуна и стали. Можно предположить, что стратегии декарбонизации черной металлургии Казахстана должны быть аналогичны стратегиям декарбонизации компании BlueScope. Таким образом, основными выводами из этого пилотного проекта для Казахстана будут следующие:

- Оптимизировать все имеющиеся материальные металлургические активы и процессы, так, как это делается PKSW.
- В ближайшей и среднесрочной перспективе сосредоточиться на развивающихся технологиях, в т.ч. на замене доменных печей на печи, использующие DRI (ПВЖ) и ЭДП. Используйте металлолом, применяйте биочар в конвертерном производстве, тестируйте технологическую схему DRI-ESF-BOF на основе опыта нескольких осуществляющихся пилотных проектов.
- Изучить все доступные варианты в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе и определите их стоимости; использование водорода для производства «зелёной» стали должно быть одним из вариантов.
- Расставить приоритеты в соответствии с установленными компанией критериями.
- Сотрудничать с технологическими игроками по всему миру, - необходимо для внедрения новых технологий с низким и нулевым содержанием углерода.
- Лоббировать благоприятную государственную политику и нормативные акты.

10.3 Канада

10.3.1 Контекст

Канада - вторая по площади страна в мире с населением более 41 миллиона человек. В 2023 году Канада произвела почти 60 миллионов тонн железной руды, что по объему добычи вывело железосодержащее сырье на первое место среди добываемых в Канаде металлов. На втором месте по объему добычи в Канаде в том же году была медь - 5,1 млн тонн⁹⁷. Канада также является одним из ключевых мировых производителей никеля (6 место), алюминия (четвертое место) и кобальта (пятое место), а также реализует перспективные проекты по добыче редкоземельных элементов, лития, графита и ванадия. В Канаде насчитывается более 30 плавильных, аффинажных и заводов по производству окатышей, которые перерабатывают сырье содержащее никель, алюминий, медь, золото, серебро, кобальт, железо, свинец, висмут и металлы платиновой группы.

⁹⁷ [Statista, 2023. Объем производства металлических полезных ископаемых в Канаде, 2023.](#)

Что касается стали, то Канада находится на 19 месте среди крупнейших производителей стали в мире с ежегодным объемом производства около 21,700 млн тонн⁹⁸. С 1990 года канадская сталелитейная промышленность сделала значительные инвестиции в сокращение энергопотребления и выбросов, что привело к сокращению абсолютных выбросов ПГ на 31,5 % в сравнении с 2016 годом и снижению удельных выбросов примерно на 27,6 %⁹⁹. Благодаря этим усилиям канадский сталелитейный сектор может гордиться самыми низкими удельными выбросами ПГ в мире для сталеплавильных заводов полного цикла, производящих сталь из железной руды, и вторым местом в мире по самым низким удельным выбросам парниковых газов в мире для электродуговых печей, производящих сталь из лома, согласно оценке крупнейших стран-производителей стали.¹⁰⁰

Что касается производства алюминия, то Канада является четвертым крупнейшим производителем в мире с 3 млн тонн/год¹⁰¹. Согласно *Панканадской рамочной программе по экологически чистому росту и изменению климата*, алюминиевые заводы Квебека сократили выбросы на 30% с 1990 года, а канадская алюминиевая промышленность в настоящее время является самым углерод-эффективным производителем алюминия в мире.

10.3.1.1 ОНУВ и цели Канады по сокращению выбросов углерода

В мае 2015 года Канада объявила о своем предполагаемом национальном вкладе (INDC), обязавшись к 2030 году сократить выбросы на 30% по сравнению с уровнем 2005 года, что означает 524 Мт выбросов CO₂ в 2030 году по сравнению с прогнозируемыми 798 Мт выбросов CO₂ в случае отсутствия каких-либо действий (включая ПГ от землепользования)¹⁰². Для реализации этих целей Канада разработала два основных плана действий по обеспечению чистого роста и климата: Панканадская (общеканадская, прим.перев.) рамочная программа по обеспечению чистого роста и изменению климата¹⁰³ и План по сокращению выбросов до 2030 года - следующие шаги Канады по обеспечению чистого воздуха и сильной экономики¹⁰⁴. В обоих документах металлургия не рассматривается как отдельный сектор, вместо этого она включена в "промышленность". В Панканадской рамочной программе нет целей по сокращению выбросов конкретно для металлургического сектора, как нет их и в Плане по сокращению выбросов на 2030 год.

⁹⁸ Wiservoter, 2024. Производство стали по странам. <https://wisevoter.com/country-rankings/steel-production-by-country>

⁹⁹ Canadian Steel Producers Union, 2021. Канадская сталелитейная промышленность. Энергетика и интенсивность выбросов ПГ, Дорожная карта по технологиям и сокращению выбросов углерода. <https://canadiansteel.ca/files/resources/Golder-Report-CSPA-NRCan.pdf>

¹⁰⁰ All Hasanbeigi & Cecilia Springer. Global Efficiency Intelligence. Ноябрь 2019 года. Насколько чиста сталелитейная промышленность США? Международный бенчмаркинг энергоёмкости и выбросов CO₂.

¹⁰¹ INN, 2024. Топ-10 стран-производителей алюминия, <https://investingnews.com/daily/resource-investing/industrial-metals-investing/aluminum-investing/aluminum-producing-countries>

¹⁰² Группа "Пути низкоуглеродного развития", 2015. Пути глубокой декарбонизации в Канаде, <https://cmcghg.com/wp-content/uploads/2015/07/Final-Canada-DDPP-Country-Report-July-14.pdf>

¹⁰³ Правительство Канады, 2016. Чистый рост и изменение климата, https://publications.gc.ca/collections/collection_2017/eccc/En4-294-2016-eng.pdf

¹⁰⁴ Правительство Канады, 2022 год. План сокращения выбросов на 2030 год, https://publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En4-460-2022-eng.pdf

10.3.2 Действия и мероприятия

В федеральном бюджете, опубликованном в апреле 2021 года, были приняты некоторые обязательства по поддержке общеканадских инициатив по развитию цепочек создания стоимости на основе критически важного минерального сырья и аккумуляторов¹⁰⁵, таких как:

- 47,7 млн долларов США в течение трех лет на исследования и разработки, направленные на переработку критического минерального сырья, прекурсоров и материалов для аккумуляторов, созданных из первичного и вторичного сырья.
- 9,6 млн долл. США в течение трех лет на создание Центра передового опыта в области критического минерального сырья.
- 5 миллиардов долларов на ускоритель Net Zero Accelerator (NZA) в дополнение к ранее объявленным 3 миллиардам долларов. Это финансирование направлено на ускорение проектов по декарбонизации с крупными эмитентами, расширение масштабов применения чистых технологий и ускорение промышленной трансформации Канады во всех секторах, с особым акцентом на развитие инновационной экосистемы аккумуляторов.
- Снижение на 50% общей ставки корпоративного налога для предприятий, производящих технологии с нулевым углеродным балансом.

Ниже перечислены и кратко описаны некоторые действия и меры, предпринятые в стране.

10.3.2.1 Фонд низкоуглеродной экономики

В 2017 году правительство Канады учредило **Фонд низкоуглеродной экономики**¹⁰⁶ (LCEF), который поддерживает проекты, способствующие сокращению выбросов парниковых газов в Канаде, экологически чистому росту, строительству устойчивых сообществ и созданию качественных рабочих мест. LCEF поддерживает планы правительства Канады по сокращению выбросов ПГ в 2030 году и достижению нулевого углеродного баланса к 2050 году. Фонд является важной частью планов Канады по обеспечению экологически чистого роста и борьбы с изменением климата.

10.3.2.2 Канадский план и план действий в области минерального сырья и металлов

Канадский план развития горнометаллургической отрасли¹⁰⁷, опубликованный в 2019 году, содержит концепцию, принципы и стратегические направления, которые правительства,

¹⁰⁵ CMMP, 2021. Канадский план по минеральному сырью и металлам, https://www.minescanada.ca/sites/minescanada/files/CMMP-ActionPlan2021_May27-ACC.pdf

¹⁰⁶ Правительство Канады, 2022 год. Фонд низкоуглеродной экономики, <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/low-carbon-economy-fund/what-is-lcef.html>

¹⁰⁷ Канадский план по минеральному сырью и металлам, 2019. <https://www.minescanada.ca/en/what-canadian-minerals-and-metals-plan>

промышленность и заинтересованные стороны могут реализовать для обеспечения конкурентоспособности и долгосрочного успеха отрасли. Этот план был разработан федеральными, провинциальными и территориальными органами власти в сотрудничестве с партнерами и заинтересованными сторонами, работающими в минерально-металлургической отрасли.

Существует также План действий в области минерального сырья и металлов, опубликованный в 2021 году¹⁰⁷, который направлен на реализацию концепции. В нем содержится обновленная информация об общеканадских инициативах, представленных в Планах действий 2020, областях сотрудничества и освещаются действия, предпринятые федеральными, провинциальными и территориальными органами власти, организациями коренных народов и заинтересованными сторонами. В нем также представлен подход, позволяющий обеспечить дальнейшее процветание горнометаллургического сектора Канады во всех регионах страны.

10.3.2.3 Стратегический инновационный фонд - Акселератор Net Zero (SIF-NZA)

Правительство Канады представило программу Net Zero Accelerator стоимостью 8 миллиардов долларов, призванную способствовать декарбонизации и устойчивому росту крупнейших промышленных предприятий страны. Эта программа инвестирует во внедрение экологически чистых технологий и процессов, направленных на значительное сокращение выбросов ПГ к 2030 году, прокладывая путь к достижению промышленными предприятиями нулевого углеродного баланса к 2050 году.

10.3.2.4 Программа "Чистый рост"

Программа "Чистый рост" стоимостью 155 миллионов долларов завершилась 31 марта 2022 года. Средства на эту программу были выделены в полном объеме, и за 4 года было профинансировано 43 научно-исследовательских, опытно-конструкторских и демонстрационных проекта в области энергетики, горнодобывающей промышленности и лесного хозяйства. Программа способствовала продвижению новых чистых технологий к коммерческой готовности, чтобы можно было бы эффективнее сокращать воздействие на воздух, землю и воду при эксплуатации минеральных ресурсов.

10.3.2.5 План по сокращению выбросов на 2030 год

В Планах по сокращению выбросов до 2030 года упоминается, что для достижения цели Канады на 2030 год и создания основы для нулевого углеродного баланса выбросов к 2050 году правительство Канады обязуется "разработать всеобъемлющую стратегию УХУ (CCUS), которая будет направлять развитие и внедрение технологий УХУ (CCUS), чтобы уменьшить выбросы парниковых газов в ряде промышленных секторов Канады, таких как металлургия, цемент, химическая промышленность, нефтегазовая отрасль". План не содержит конкретных целей по сокращению выбросов в металлургическом секторе.

10.3.3 Воздействие и результаты

10.3.3.1 Фонд низкоуглеродной экономики

Правительство Канады выделило 18,1 млн канадских долларов (13,4 млн долларов США) из Фонда низкоуглеродной экономики на снижение выбросов углекислого газа на железорудных предприятиях канадской компании Rio Tinto в провинции Ньюфаундленд и Лабрадор. Эта сумма составляет около 25 % от общей стоимости проекта по сокращению выбросов CO₂, а оставшаяся сумма финансируется Rio Tinto.

Грант, предоставленный компании Rio Tinto's Iron Ore Company of Canada (IOC), позволит сократить потребление тяжелого мазута при производстве железорудных окатышей и концентрата. Для этого IOC установит электрический котел взамен котлов на тяжелом мазуте, что значительно сократит выбросы CO₂ при переработке железной руды на заводе Rio Tinto в Лабрадоре. Кроме того, будут внедрены новые приборы и топливосберегающие горелки для дальнейшего сокращения использования тяжелого мазута в индукционных машинах, используемых для производства окатышей. По прогнозам, эти усовершенствования позволят снизить выбросы парниковых газов на предприятии на 2,2 миллиона тонн в течение всего срока реализации проекта.

10.3.3.2 Канадский План действий и План по минеральному сырью и металлам

Как указано в Канадском плане по минеральному сырью и металлам, компании Alcoa Corp. и Rio Tinto Group сотрудничают в разработке нового процесса производства алюминия, исключающего выбросы парниковых газов. Эта технология будет доступна для модернизации существующих или строительства новых заводов. Канада и Квебек инвестируют в этот проект по 60 миллионов долларов, Rio Tinto и Alcoa - по 55 миллионов долларов, а Apple предоставит 13 миллионов долларов и техническую экспертизу.

С другой стороны, в Плане действий на 2021 год говорится, что Исследовательский совет Саскачевана объявил о строительстве завода по переработке редкоземельных элементов, который улучшит цепочки поставок в Северной Америке и будет способствовать производству электромобилей и постоянных магнитов за пределами Китая.

10.3.3.3 Стратегический инновационный фонд - Акселератор Net Zero (SIF-NZA)

Через Фонд стратегических инноваций правительство Канады выделяет 400 миллионов долларов на поддержку инициативы стоимостью 1,8 миллиарда долларов, направленной на декарбонизацию производства стали на предприятии ArcelorMittal Dofasco в Гамильтоне, Онтарио. Это финансирование будет способствовать переходу предприятия на водородную электродуговую печь с прямым восстановлением железа. Ожидается, что проект значительно продвинет климатические цели Канады, сократив выбросы парниковых газов на 3 миллиона тонн в год к 2030 году.

С другой стороны, через SIF-NZA правительство выделяет 60 миллионов долларов на крупномасштабный демонстрационный проект стоимостью 558 миллионов долларов,

осуществляемый корпорациями Alcoa и Rio Tinto Aluminium в Квебеке. Цель проекта - опробовать инновационный производственный процесс, который позволит почти полностью устранить углеродный след в алюминиевой промышленности Канады. Если технология будет полностью внедрена во всей отрасли, она сможет сократить ежегодные выбросы парниковых газов примерно на 6,5 миллиона тонн, что эквивалентно удалению с дорог более 1,8 миллиона пассажирских автомобилей.

10.3.4 Уроки канадского опыта для Казахстана

В этом разделе описываются уроки, которые можно извлечь из канадского опыта для Казахстана. Обе страны имеют общие черты, такие как большая территория, низкая плотность населения и большие запасы металлических полезных ископаемых. Это, а также тот факт, что в Канаде развита металлургия, делает Канаду хорошим примером страны для извлечения уроков для Казахстана.

Стратегические инвестиции в декарбонизацию

Обязательства Канады по значительным финансовым вложениям в декарбонизацию металлургического сектора демонстрируют важность надежного финансирования для достижения существенного сокращения выбросов. Казахстан может выиграть от создания аналогичных финансовых механизмов для поддержки внедрения чистых технологий и преобразования промышленности.

Финансирование исследований и разработок

Канада выделила значительные средства на исследования и разработки в области переработки критических минеральных ресурсов и аккумуляторных технологий. Казахстану следует рассмотреть возможность инвестирования в НИОКР для внедрения инноваций и повышения эффективности и экологичности собственных технологий переработки минерального сырья.

Создание центров передового опыта

Создание в Канаде Центра передового опыта в области критического минерального сырья подчеркивает ценность специализированных учреждений, занимающихся развитием знаний и практик в этом секторе. Казахстан мог бы создать подобные центры, чтобы сосредоточиться на своих уникальных минеральных ресурсах и продвигать передовой опыт.

Налоговые льготы для экологически чистых технологий

Снижение на 50% ставки корпоративного налога для предприятий, производящих технологии с нулевым углеродным балансом в Канаде, подчеркивает роль налоговых стимулов в продвижении "зелёных" технологий. Внедрение подобных налоговых льгот может стимулировать сектор чистых технологий в Казахстане.

Комплексные планы действий в области климата

Использование Канадой комплексных планов, таких как Панканадская рамочная программа и План сокращения выбросов до 2030 года, обеспечивает структурированный подход к достижению климатических целей. Казахстан может разработать подробные планы действий, включающие конкретные цели и меры для металлургического сектора.

Государственно-частные партнерства

Сотрудничество между государственным сектором и частными компаниями, такое как партнерство Alcoa Corp. и Rio Tinto Group с правительством, показывает эффективность государственно-частного партнерства в продвижении технологических инноваций и крупномасштабных промышленных проектов. Казахстану следует поощрять такие партнерства, чтобы использовать опыт и инвестиции частного сектора.

Циклическая экономика и инициативы по переработке отходов

Упор Канады на сокращение отходов и развитие ресайклинга, как указано в Канадском плане по минеральному сырью и металлам, подчеркивает преимущества циркулярной экономики. Казахстан может проводить политику, направленную на увеличение объемов переработки и сокращения отходов в своей металлургической промышленности.

Адаптация к изменению климата

Канадский подход к интеграции мер по адаптации к изменениям климата в металлургическую промышленность иллюстрирует важность подготовки к климатическим воздействиям. Казахстану следует принять аналогичные стратегии, чтобы обеспечить устойчивость металлургического сектора к изменению климата.

Целевые показатели выбросов парниковых газов

Установление четких целевых показателей сокращения выбросов ПГ обеспечивает эффективное руководство и подотчетность. Казахстан может установить конкретные, измеримые цели по сокращению выбросов в металлургическом секторе.

Глобальная конкурентоспособность благодаря экологическому лидерству

Усилия Канады по позиционированию своего металлургического сектора в качестве мирового лидера по производству продукции с низкой интенсивностью выбросов парниковых газов подчеркивают конкурентные преимущества экологического лидерства. Казахстан может укрепить свои позиции на мировом рынке, внедряя и продвигая устойчивые практики в своей металлургической промышленности.

10.4 ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

Помимо примеров в металлургическом секторе в отдельных странах, есть и другие успешные примеры развития альтернативной энергетики в мировой горнодобывающей промышленности:

- Египетский рудник Сукари компании Centamin сократил прямые выбросы в атмосферу благодаря вводу в эксплуатацию в 2022 году 26-мегаваттной солнечной электростанции с системой аккумуляторов, что позволило сэкономить 70 000 литров дизельного топлива в день.
- Аналогичным образом, Polyus Gold International удалось почти на 100% сократить выбросы при производстве электроэнергии, перейдя на гидроэлектроэнергию.
- 1 мая 2019 года англо-австралийская горнодобывающая компания Rio Tinto объявила о том, что сократит ежегодный углеродный след своего медного рудника Kennecott Utah на 65% за счет приобретения сертификатов на возобновляемые источники энергии и окончательного закрытия угольной электростанции. Потребности рудника в электроэнергии теперь будут обеспечиваться 1,5 миллионами МВт·ч сертификатов на возобновляемые источники энергии, поставляемой энергетической компанией Rocky Mountain Power, в основном из ее портфеля ВИЭ в штате Юта и ВЭС в Вайоминге.
- В июне 2019 года южноафриканская горнодобывающая компания Gold Fields объявила о своих планах по эксплуатации золотого рудника Agnew в Западной Австралии (WA) преимущественно с использованием ВИЭ. Переход на ВИЭ осуществляется в партнерстве с глобальной энергетической группой EDL и предполагает инвестиции в размере 112 млн австралийских долларов (77,59 млн долларов США) в энергетическую микросеть, использующую ветровую, солнечную энергию, природный газ и аккумуляторные батареи. Проект также получил поддержку правительства Австралии: Австралийское агентство по возобновляемым источникам энергии (ARENA) выделило 13,5 млн австралийских долларов на строительство. Уже начато строительство микросети, владельцем и оператором которой является компания EDL. Микросеть состоит из пяти ветряных турбин мощностью 18 МВт, солнечной электростанции на 10 000 панелей мощностью 4 МВт и системы хранения энергии на батареях 13 МВт/4 МВтч. Сеть также поддерживается электростанцией мощностью 16 МВт, работающей на природном газе, и, как ожидается, первоначально будет обеспечивать от 55 до 60 % потребностей рудника в энергии.
- В июне 2018 года чилийская меднодобывающая компания Antofagasta подписала соглашение с коммунальной компанией Colbún о том, что рудник Zaldívar станет первым чилийским рудником, работающим на 100% от возобновляемой энергии. С 2020 года рудник будет работать на гидро-, солнечной и ветровой энергии, вырабатывая 550 гигаватт-часов в год, что позволит устранить выбросы, эквивалентные 350 000 тонн парниковых газов в год.
- В сентябре 2018 года британская солнечная компания Cambridge Energy Partners (CEP) объявила о том, что американская горнодобывающая корпорация Newmont установила мобильную солнечную электростанцию Nomad от CEP на золотом руднике Акьем в Гане.

- Солнечный фотоэлектрический трекер Nomad — это сборный солнечный генератор, предназначенный для быстрого развертывания в масштабируемых сегментах по 30 кВт и подходящий как для малых, так и для крупных проектов. Энергия, вырабатываемая Nomad, также полностью интегрируется в существующие электрические сети, создавая "надежную и устойчивую" гибридную энергосистему. Рудник Акуем расположен в районе Birim North в Восточной Гане и ежегодно производит около 450 000 унций золота. Решение Newmont установить Nomad на руднике Акуем было принято для того, чтобы компенсировать спрос на электроэнергию для горных работ и продемонстрировать более дешевое производство электроэнергии из возобновляемых источников.
- В мае 2017 года британская компания Aggreko объявила о подписании десятилетнего контракта на поставку энергии из гибридной системы, использующей солнечную энергию и дизельное топливо на рудник Биша в Эритрее, принадлежащий китайской горнодобывающей группе Zijin. Aggreko обеспечит 22 МВт за счет дизельного топлива и 7,5 МВт солнечной энергии для медно-цинковых руднике Биша. Гибридная энергосистема, развернутая Aggreko, была разработана в технологическом центре компании в Думбартоне и использует дизельные генераторы, считающиеся самыми эффективными в мире. Эти генераторы контролируются с помощью телеметрии Aggreko Remote Monitoring для обеспечения оптимальной эффективности работы и расхода топлива.
- Компания Aggreko также поставила гибридные энергосистемы на ряд горнодобывающих предприятий по всему миру, включая принадлежащий компании Gold Fields золотой рудник Granny Smith в штате Вашингтон. В феврале 2019 года компания Aggreko заключила контракт на создание гибридной системы солнечной генерации с аккумуляторной установкой для электроснабжения рудника Granny Smith после заключения партнерства по изучению возможностей использования возобновляемых источников энергии на руднике в июне 2018 года. Эта гибридная система представляет собой одну из крупнейших в мире микросетей на основе возобновляемых источников энергии, питаемую более чем 20 000 солнечными панелями и усиленную системой аккумуляторов мощностью 2 МВт. Микросеть снижает потребление топлива на шахте на 13 %, что эквивалентно удалению с дорог 2000 автомобилей, и производит около 18 ГВт·ч «зеленой» энергии в год.
- Компания Atlas Renewable Energy подписала 15-летний соглашение о покупке солнечной энергии (PPA-контракт) на сумму 881 миллион бразильских реалов (BRL), что равно 190 миллионам долларов США, с бразильским подразделением горнодобывающего гиганта Anglo American. Сделка будет способствовать развитию фотоэлектрической станции мощностью 330 МВт в муниципалитете Пирапора в юго-восточном штате Минас-Жерайс (предполагаемая годовая выработка - 613 ГВт·ч в год). Строительство солнечной электростанции в Касабланке (Бразилия, *прим.перев.*) было начато во второй половине 2020 года.
- Мировой горнодобывающий гигант ВНР подписал пятилетний контракт, согласно которому он будет использовать энергию ветра и солнца для обеспечения до половины потребностей в электроэнергии своих угледобывающих предприятий в Квинсленде (Австралия, *прим.перев.*). Карара — это объект, который строится компанией Clean в рамках более крупного ветроэнергетического проекта Макинтайр, принадлежащего компании

Acciona. Оба проекта, Western Downs и MacIntyre, подписали долгосрочные PPA-контракты с CleanCo формирующие основную часть запланированных 1000 МВт ветровой и солнечной энергии, требуемых к 2025 году. ВНР утверждает, что средняя нагрузка на её угольных шахтах в Квинсленде, работающие совместно с Mitsubishi и Mitsui, составляет около 150 МВт. ВНР утверждает, что "твердое соглашение о покупке возобновляемой энергии обеспечит половину её потребностей в электроэнергии на угольных шахтах Квинсленда, сократив австралийские выбросы по Охвату 2 (Scope 2) на 20 % по сравнению с 2020 годом и предотвратит выброс примерно 1,7 миллиона тонн CO2 эквивалента в период с 2021 по 2025 год, что эквивалентно годовым выбросам примерно 400 000 автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

- Канадская золотодобывающая компания B2Gold установит одну из крупнейших в мире гибридных систем автономного питания на солнечных панелях на золотом руднике Fekola в Мали, Западная Африка. Компания B2Gold Corp. одобрила проект стоимостью 38 миллионов долларов США (56,2 миллиона австралийских долларов). Проект Fekola Solar Project будет состоять из солнечной электростанции мощностью 30 МВт с аккумуляторами емкостью 13,5 МВт·ч и будет интегрирован с существующей электростанцией, питающей золотой рудник, чтобы обеспечить безопасную и надежную работу гибридного проекта и избежать использования 13,1 миллиона литров тяжелого мазута в год.

В горнодобывающей промышленности Казахстана существуют лишь отдельные случаи реализации проектов крупными компаниями:

- Так, в 2019 году дочерняя компания Казахмыса ввела в эксплуатацию солнечную станцию "Кенгир" (Улытауская область) мощностью 10 МВт, а также
- в 2023 году - Балхашскую СЭС мощностью 50 МВт, которую планируется расширить до 100 МВт к концу 2025 года.
- Остальные проекты находятся на стадии проектирования или строительства, в т.ч.: ветроэлектростанция "Хромтау-1" (155 МВт) в районе Донской ГРЭС (ERG),
- расширение существующих каскадов малых ГЭС до 106 МВт при участии KAZ Minerals.

11 ПОТРЕБНОСТИ В РАЗВИТИИ ПОТЕНЦИАЛА

Декарбонизация металлургической промышленности - сложная задача, требующая многогранного подхода, включающего технологические инновации, политические реформы, финансовые инвестиции и развитие потенциала. Потребности в развитии потенциала для декарбонизации металлургической промышленности можно в целом разделить на следующие области.

1. Технические навыки и опыт

- а) Технология процессов: Обучение передовым металлургическим процессам, снижающим выбросы углерода, таким как прямое восстановление железной руды с использованием водорода вместо кокса.
- б) Энергоэффективность: Навыки оптимизации энергопотребления и внедрения энергоэффективных технологий.
- в) Интеграция возобновляемых источников энергии: Знания об интеграции возобновляемых источников энергии в металлургические процессы, включая водород и биомассу.
- г) Улавливание, утилизация и хранение углерода (УХУ, CCUS): Экспертиза в области технологий УХУ и их применения в металлургических процессах.

2. Возможности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)

- а) Инновации в области материалов: Разработка новых материалов и сплавов, требующих меньше энергии или углерода для их производства.
- б) Инновационные процессы: НИОКР по созданию новых низкоуглеродных металлургических процессов.
- в) Циркулярная экономика: Исследования в области переработки и повторного использования металлов для снижения потребности в первичном производстве.

3. Цифровизация и автоматизация

- а) Аналитика данных: Способность использовать аналитику данных для оптимизации процессов и сокращения выбросов.
- б) Индустрия 4.0: Навыки внедрения цифровых технологий и автоматизации для повышения эффективности и сокращения выбросов.

Индустрия 4.0, также известная как четвертая промышленная революция, относится к современной тенденции автоматизации и обмена данными в производственных технологиях, включая киберфизические системы, Интернет вещей (IoT), промышленный интернет, облачные вычисления, когнитивные вычисления и искусственный интеллект.

4. Финансовый и экономический анализ

- а) Анализ затрат и выгод: Навыки оценки экономических последствий стратегий декарбонизации.
- б) Инвестиции в "зелёные" технологии: Понимание финансовых механизмов и инструментов для финансирования низкоуглеродных технологий.

5. Экологический менеджмент

- а) Практика устойчивого развития: Обучение методам устойчивого развития, позволяющим снизить воздействие металлургических производств на окружающую среду.
- б) Мониторинг и отчетность по выбросам: Навыки мониторинга и отчетности по выбросам парниковых газов.
- в) Оценка жизненного цикла (LCA): Способность проводить LCA для понимания воздействия металлургических процессов на окружающую среду.
- г) Оценка воздействия на окружающую среду: Способность оценивать и уменьшать воздействие металлургической деятельности на окружающую среду.

6. Политика и нормативно-правовая база

- а) Понимание климатической политики: Знание международной и национальной климатической политики и того, как она влияет на металлургическую промышленность.
- б) Соблюдение нормативных требований: Навыки ориентирования в системе законодательства и соблюдения экологических норм и стандартов.
- в) Разработка политики: Способность вносить вклад в разработку политики, поддерживающей декарбонизацию.

7. Межсекторальное сотрудничество

- а) Взаимодействие с заинтересованными сторонами: Навыки взаимодействия с широким кругом заинтересованных сторон, включая государство, НПО, отраслевые ассоциации и сообщества.
- б) Управление цепочками поставок: Понимание того, как декарбонизировать цепочку поставок и работать с поставщиками над сокращением выбросов.

- в) Государственно-частные партнерства: Потенциал для создания и управления партнерствами, поддерживающими усилия по декарбонизации.

8. Развитие и обучение персонала

- а) Непрерывное обучение: Создание программ непрерывного обучения и тренингов, чтобы сотрудники были в курсе новейших технологий и методов декарбонизации.
- б) Управление изменениями: Обучение управлению переходом на новые технологии и процессы.

Для удовлетворения этих потребностей по развитию потенциала необходимо сочетание формального образования, профессиональной подготовки, повышения квалификации и платформ обмена знаниями. Кроме того, государство, отраслевые ассоциации и международные организации могут сыграть решающую роль в содействии развитию потенциала посредством финансирования, политической поддержки и создания сетей сотрудничества.

11.1 ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТЕЙ В РАЗВИТИИ ПОТЕНЦИАЛА НА ОСНОВЕ ВЫЯВЛЕННЫХ БАРЬЕРОВ И ПРОБЕЛОВ

11.1.1 Для интеграции ВИЭ в металлургию

Интеграция ВИЭ в металлургическую промышленность, как и процесс декарбонизации, является сложной и серьезной задачей, требующей многостороннего подхода, включающего технологические инновации, реформу политики, финансовые инвестиции, адаптацию законодательства и развитие потенциала.

Потребности в развитии потенциала для применения ВИЭ в металлургической промышленности можно разделить на следующие области:

1. Технические навыки и опыт

- а) Технологии процессов: Тренинги по интеграции ВИЭ в металлургические и технологические процессы, которые снижают потребление энергии из ископаемого топлива, приводят к уменьшению выбросов углерода, частичной независимости от внешних электросетей и созданию "зеленого" имиджа компании.
- б) Энергоэффективность: Навыки надлежащего анализа и выбора ВИЭ, расчетов и моделирования финансовой эффективности ВИЭ и оптимизации использования энергии путем внедрения ВИЭ, надлежащего расчета сроков окупаемости и оценки соответствующих ОПЕХ.
- в) Интеграция возобновляемых источников энергии: Знания в области интеграции возобновляемых источников энергии в металлургические и технологические процессы, включая фотоэлектрические технологии, ветрогенераторы, гидроэлектростанции,

«зелёный» водород, системы рекуперации тепла, системы хранения энергии и использование биомассы. Особое внимание должно быть уделено балансирующим мощностям и интеграции проектов ВИЭ с внешними электрическими сетями.

2. Возможности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР)

- а) Инновации в технологиях: Разработка различных технических или технологических схем параллельного сочетания технологий ВИЭ (фотоэлектричество, гидроэнергетика, ветроэнергетика и т.д.) с целью снижения потребления электроэнергии из внешней сети, повышения рентабельности предприятия и снижения уровня потребления углерода.
- б) Инновации в процессах: НИОКР для снижения зависимости от ископаемого топлива и возможных отключений внешней электросети, повышение эффективности использования или снижения потребления электроэнергии из внешней сети, установки систем рекуперации тепла и преобразования его потерь в доходы, а также для преобразования существующего технологического процесса в новую низкоуглеродную металлургическую деятельность.
- в) Циркулярная экономика: ВИЭ играют все более значительную роль. Циркулярная экономика направлена на замыкание технических и технологических циклов, чтобы обеспечить кругооборот ресурсов в системе с минимальными потерями. Таким образом, ВИЭ обеспечат чистую и возобновляемую энергию для питания всеобъемлющей и восстановительной циркулярной экономики.

3. Цифровизация и автоматизация

- а) Аналитика данных: Способность выполнять аналитику данных из различных источников с целью правильного расчета эффективности ВИЭ и дальнейшей интеграции в текущий технологический процесс для желаемого снижения потребления энергии из внешней электросети, повышение жизнеспособности компании, оптимизации существующих процессов и запланированного снижения выбросов.
- б) Индустрия 4.0: Профессиональные навыки применения различных технологий ВИЭ, цифровизации технологических процессов и хранения данных, а также надлежащего анализа, оптимизации и автоматизации для повышения эффективности выбранных технологий ВИЭ и технологических процессов для сокращения выбросов CO₂.

4. Финансовый и экономический анализ

- а) Анализ затрат и выгоды: Правильный финансовый анализ и сравнительный анализ выбранной технологии ВИЭ, расчет окупаемости, IRR, оценка OPEX и глубокое понимание связанных с этим рисков. Навыки оценки экономических последствий стратегий декарбонизации.
- б) Инвестиции в «зелёные» технологии: Понимание различных финансовых источников и правильного соотношения между ними, доступ к финансированию и правильная

подготовка полного пакета документов для получения необходимого финансирования (возможно, с использованием грантов), применение различных финансовых механизмов и инструментов для финансирования проектов и технологий ВИЭ.

5. Экологический менеджмент

- а) Практика устойчивого развития: Анализ уже имеющейся информации и реализованных проектов, достигнутых результатов по сокращению выбросов CO₂, соответствующих выгод и барьеров. Обучение и устойчивые практики по интеграции и реализации проектов ВИЭ, которые снижают экологический след металлургического производства и создают «зелёный» имидж компании.
- б) Мониторинг выбросов и отчетность: Навыки цифровизации проектов в области ВИЭ, сбора информации, создания отчетов, анализа данных и дальнейшего совершенствования процессов. Мониторинг и отчетность по проектам ВИЭ в части эффективности оборудования, производства экологически чистой электроэнергии и сокращения выбросов парниковых газов.
- в) Оценка жизненного цикла (LCA): Способность осуществлять надлежащий сбор и анализ данных, регулярно проводить LCA с целью понимания воздействия на окружающую среду процессов интеграции проектов по использованию возобновляемой энергии в металлургических процессах.
- г) Оценка воздействия на окружающую среду: Способность оценивать, собирать, хранить и анализировать информацию по проектам ВИЭ, максимально уменьшать воздействие металлургической деятельности на окружающую среду путем оптимизации работы ВИЭ.

6. Политика и нормативно-правовая база

- а) Понимание климатической политики: Знание международной и национальной климатической политики основных игроков (правительство, государственные, в т.ч. контролирующие органы, частные компании, НПО, отраслевые ассоциации и т.д.) и того, как она влияет на проекты в области ВИЭ в рамках металлургической промышленности.
- б) Соблюдение нормативных требований: Профессиональные навыки на правительственном уровне, в государственных, в т.ч. контролирующих органах, частных компаниях, ассоциациях и т.д. в области ориентирования в системе законодательства, соблюдения и возможной корректировки экологических норм и стандартов.
- в) Разработка политики: Профессиональные знания, регулярное обучение и способность вносить вклад в разработку политики, законодательных документов, норм, стандартов и других законодательных документов, поддерживающих интеграцию проектов ВИЭ в металлургической промышленности.

7. Межсекторальное сотрудничество

- а) Взаимодействие с заинтересованными сторонами: Навыки взаимодействия с широким кругом профессиональных заинтересованных сторон, включая правительства, НПО, отраслевые ассоциации и сообщества.
- б) Управление цепочкой поставок: Понимание того, как общаться с партнерами, четкое понимание основных и главных принципов надежной цепочки поставок, обеспечение профессионального диалога и обмена информацией между всеми участниками, реализация проекта ВИЭ и сотрудничество с поставщиками для сокращения выбросов, создание «зелёного» имиджа компании.
- в) Государственно-частные партнерства: Сбор и анализ информации, корректировка и совершенствование РРА-контрактов в соответствии с действующим законодательством и требованиями, способность создавать и управлять партнерствами, которые поддерживают реализацию проектов в области ВИЭ и общие усилия по сокращению выбросов.

8. Развитие и обучение персонала

- а) Непрерывное обучение: Создание программ непрерывного обучения и тренингов, чтобы сотрудники были в курсе последних результатов по реализации и интеграции проектов по использованию возобновляемой энергии, наилучшим доступным технологиям и практикам.
- б) Управление изменениями: Обучение управлению переходом на новые технологии и процессы.

Для удовлетворения этих потребностей в развитии потенциала необходимо сочетание различных форм обучения, профессиональной подготовки, повышения квалификации, посещения пилотных объектов, создания платформ для обмена документами и знаниями. Кроме того, правительство, отраслевые ассоциации и международные организации могут сыграть решающую роль в содействии развитию потенциала посредством финансирования, политической поддержки и создания сетей сотрудничества.

12 РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ

12.1 РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ

Всеобъемлющая и поддерживающая нормативно-правовая база имеет решающее значение для продвижения и содействия декарбонизации металлургического сектора; в частности, для создания операционной и инвестиционной среды для внедрения технологий и процессов с низким или нулевым уровнем выбросов ПГ и стандартов устойчивого («чистого») производства.

В целом важно создать стабильную нормативно-правовую базу для отраслевой декарбонизации, поскольку, помимо прочего, это обеспечит определенность для инвесторов, повысив тем самым вероятность инвестиций в переходные технологии. Следует избегать частых изменений в нормативных актах, поскольку такие изменения могут нарушить отраслевое планирование и инвестиции, что приведет к потере доверия со стороны частного сектора.

Основные потребности металлургического сектора Казахстана в нормативно-правовом регулировании включают следующее:

1. Стандарты и нормы выбросов парниковых газов
 - а) Установление и применение соответствующих технологических нормативов, стандартов выбросов ПГ для металлургических процессов.
 - б) Требование регулярной отчетности и прозрачного мониторинга выбросов парниковых газов.
 - в) Установление целей для постепенного сокращения выбросов с течением времени.
2. Механизмы ценообразования на выбросы ПГ
 - а) Введение налогов на выбросы ПГ или систем ограничения и торговли квотами на выбросы ПГ ("cap-and-trade", *англ.*) для установления эффективной цены на выбросы ПГ.
 - б) Обеспечение достаточно сильного ценового сигнала для стимулирования инвестиций в низкоуглеродные технологии.
3. Финансовые стимулы
 - а) Предоставление налоговых льгот, скидок или грантов на внедрение более чистых технологий.

- б) Поддержка исследований и разработок в области низкоуглеродных металлургических процессов.
 - в) Предоставление финансовых стимулов для внедрения технологий улавливания, утилизации и хранения углерода (УХУ, CCUS).
4. Получение разрешений и соблюдение экологических норм
- а) Упрощение процесса выдачи разрешений на использование новых низкоуглеродных технологий при соблюдении экологических требований и стандартов.
 - б) Обеспечение того, чтобы соблюдение экологических норм не создавало неоправданных барьеров для инноваций.
5. Международное сотрудничество и стандарты
- а) Стандартизация нормативных актов в разных странах для облегчения торговли низкоуглеродными металлами.
 - б) Участие в международных соглашениях и инициативах, поддерживающих усилия по декарбонизации.
6. Развитие инфраструктуры
- а) Инвестиции в инфраструктуру, необходимую для развития низкоуглеродных технологий, например, в предприятия по производству «зелёного» водорода или возобновляемых источников энергии.
 - б) Обеспечение того, чтобы электросети могли поддерживать растущий спрос на электроэнергию, получаемую в результате низкоуглеродных процессов.
7. Регулирование отходов и побочных продуктов
- а) Внедрение правил по управлению отходами металлургических процессов для их сокращения.
 - б) Содействие переработке и повторному использованию материалов для снижения потребности в первичном производстве.
8. Инновации и распространение технологий
- а) Создание нормативно-правовой базы, способствующей обмену технологиями и передовым опытом между участниками отрасли.
 - б) Поддержка пилотных проектов и демонстраций новых технологий для ускорения обучения и внедрения.

9. Защита работников и населения

- а) Обеспечение того, чтобы усилия по декарбонизации учитывали вопросы здоровья и безопасности работников и местных сообществ.
- б) Оказание поддержки в переходе и переподготовке рабочей силы по мере развития отрасли.

10. Улучшения в отрасли ВИЭ

- а) Одной из главных проблем отрасли является нестабильность производства энергии, отсутствие солнца и ветра сразу же приводит к снижению выработки электроэнергии.

Эта проблема может быть решена путем создания балансирующего рынка электроэнергии и систем хранения электроэнергии.

- б) Необходимо развивать гибкие (маневренные) мощности, увеличивать количество маневренных источников, к которым относятся газовые электростанции и гидроэлектростанции и строить хранилища электроэнергии.

Проектов ВИЭ с накопителями энергии можно реализовать через аукционный механизм. Отсутствие таких мощностей ограничивает рост возобновляемых источников энергии. Чем выше доля возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе, тем больше резервных мощностей требуется для покрытия спроса при снижении выработки энергии из возобновляемых источников.

- в) Формирование привлекательных условий для инвестиций в сектор возобновляемой энергетики в Казахстане (увеличение аукционных мощностей, улучшение условий индексации тарифов, развитие практики проектных аукционов и т.д.).
- г) Многие компании активно внедряют принципы ESG (экология, социальная политика и корпоративное управление (Environment, Social, Governance, *англ. прим.перев.*) в свою корпоративную политику.
- д) Системный оператор требует, чтобы ВИЭ сами создавали балансирующие мощности, то есть строили хранилища энергии. Здесь имеет место отсутствие нормативной базы и чрезмерные требования системного оператора к реализации подобных проектов. KEGOC объясняет это нехваткой балансирующих мощностей в энергосистеме Казахстана. Установка накопителей значительно увеличивает стоимость проектов.
- е) Неизвестны цены, которые будут действовать после истечения срока действия контрактов на гарантированную покупку электроэнергии. К началу 2030-х годов этот вопрос необходимо будет решить. Без повышения тарифов на электроэнергию решить эту проблему будет сложно.
- ж) Проблему нехватки резервных мощностей также можно решить путем стимулирования сознательного потребления. Оно подразумевает, что крупные потребители ограничивают ежедневное потребление электроэнергии в обмен на экономические стимулы (денежные

вознаграждения). Такой механизм широко используется во всем мире и обойдется гораздо дешевле, чем строительство станций.

Ключевые меры регулирования должны разрабатываться в ходе консультаций с заинтересованными сторонами, общественными экологическими группами и другими заинтересованными сторонами для обеспечения эффективности и принятия промышленными предприятиями. Такой подход поможет обеспечить практичность, достижимость и учет законных интересов и потребностей участников отраслевого рынка и инвестиционного сообщества в Казахстане.

12.2 ФИНАНСОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Текущая структура казахстанской электроэнергетической системы определяется регулируемыми тарифами и субсидированием ископаемых видов топлива, которые направлены на производство электроэнергии с использованием угля и природного газа. Потребительские тарифы на электроэнергию в Казахстане низкие и составляют в среднем 4,3 цента США за кВт·ч в 2021 году. *Error! Bookmark not defined.* Такая низкая цена покрывает только расходы на эксплуатацию и обслуживание, а также затраты на топливо, и не позволяет получать достаточно доходов, чтобы использовать их для модернизации сети или внедрения более возобновляемых источников энергии. Чтобы быть жизнеспособными и экономически устойчивыми, цены на электроэнергию должны покрывать все затраты системы, включая: *i)* капитальные затраты, *ii)* переменные и постоянные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, *iii)* затраты на топливо и *iv)* *затраты на выбросы парниковых газов (т.н. "цены на углерод» (carbon prices, англ.), прим.перев.)*.

Развитие низкоуглеродных технологий для низкоуглеродной металлургии и трансформация казахстанской электроэнергетической системы в направлении нулевого углеродного баланса выбросов к 2060 году требуют значительных инвестиций в возобновляемые генерирующие мощности, расширение сети передачи и распределения электроэнергии, а также в хранение энергии, водородные мощности и технологии УХУ.

Чтобы стимулировать инвестиции в вышеупомянутые сектора, доходы в электроэнергетической системе или в низкоуглеродных технологиях для металлургии должны покрывать также и капитальные затраты, чего в настоящее время в Казахстане не происходит. Если капитальные затраты не будут покрываться тарифами для конечных потребителей, то вполне вероятно, что частные инвестиции в новые мощности, в модернизацию существующих генерирующих мощностей и в низкоуглеродные технологии для металлургии не будут осуществляться. Чтобы обеспечить достаточное финансирование для поддержания, расширения и модернизации системы электроснабжения и низкоуглеродных технологий для металлургии, государству придется либо выделять государственные средства на финансирование новых генерирующих мощностей, либо покрывать разницу между тарифами и фактическими затратами, чтобы привлечь инвесторов. Оба варианта экономически неэффективны и лягут бременем на государственный бюджет, отвлекая государственные расходы от других важных направлений политики.

Некоторые другие контекстуальные аспекты, необходимые для привлечения инвестиций в модернизацию и экологизацию энергосистемы, заключаются в следующем:

- Использование углеродного ценообразования в качестве инструмента для подачи четких рыночных сигналов, обеспечивающих определённую амбициозность в отношении декарбонизации металлургического сектора. В настоящее время цена на углерод в казахстанской системе торговли выбросами составляет около одного евро/т CO₂ (1,07 \$/т CO₂)¹⁰⁸, что слишком мало для стимулирования инвестиций в возобновляемые источники энергии.
- Создание механизмов финансирования для поддержки внедрения УХУ и инфраструктуры низкоуглеродного водорода.
- Создание адекватной политической базы для обеспечения перехода на другие виды топлив.
- В качестве более долгосрочной цели - создание рынка технологий с отрицательными выбросами.
- Разработка целевого подхода к снижению выбросов ПГ (т.н. «утечка углерода», *прим.перев.*).
- Понимание того, как Механизм пограничной корректировки углеродного баланса ЕС (СВАМ) повлияет на экспорт металлургического сектора Казахстана.
- Поэтапная отмена субсидий на ископаемое топливо и пересмотр тарифной системы.

После создания адекватного контекстного фона для финансирования существуют различные варианты финансирования проектов по декарбонизации, которые в основном делятся на три широкие категории: *i*) использование внутренних средств, *ii*) заемные средства и *iii*) сервисные соглашения (соглашение об оказании услуг, *прим.перев.*)

12.2.1 Внутренние фонды

Как правило, это существующие бюджеты CAPEX или средства, выделенные на проекты по декарбонизации. Внутренние средства могут быть инвестированы в любую технологию, но разработка и самостоятельное внедрение механизмов снижения выбросов ПГ требует значительного количества времени, ресурсов и технических возможностей. Также возможен вариант передачи таких работ на аутсорсинг.

Наиболее важным вопросом при использовании внутренних средств для декарбонизации является вопрос о том, являются ли альтернативные издержки, связанные с перераспределением средств от основного бизнеса к решениям по декарбонизации, наилучшим вариантом с целью получения конкурентного преимущества. В некоторых случаях выгоднее инвестировать капитал в основной

¹⁰⁸ Конвертер валют XE, 21 июня 2024 г,
<https://www.xe.com/es/currencyconverter/convert/?Amount=1&From=EUR&To=USD>

бизнес, а решения по декарбонизации, в которых поставщики являются экспертами, финансировать другими способами.

Выбор пути самофинансирования окажет значительное влияние на собственный капитал компании и ЕВИТ (прибыль до уплаты процентов и налогов), а амортизация активов также увеличит стоимость капитала с течением времени. Совокупная стоимость владения (т.е. цена покупки актива плюс расходы на эксплуатацию, ТСО, *англ.*) будет ниже за счет отсутствия затрат на финансирование при использовании внутренних средств, но ограничения в технических ноу-хау и доступных средствах могут помешать получить наилучший объем решений по декарбонизации.

12.2.2 Заемное финансирование

Варианты внешнего финансирования доступны через долговое финансирование. Долговое финансирование проектов по декарбонизации включает в себя *i*) общие корпоративные кредиты или облигации, *ii*) кредитные продукты для конкретных активов (лизинг) и *iii*) устойчивые долговые продукты («зелёные» кредиты, облигации, кредиты с привязкой к устойчивости).

- Общекорпоративные кредиты предлагают финансирование за счет кредитной линии, обычно предоставляемой банком (кредитором). Кредит выдается под залог возврата, процентов и дополнительных расходов. Срок погашения обсуждается между предприятием и кредитором и зависит от суммы кредита. Эти кредиты могут быть как обеспеченными, так и необеспеченными. Обеспеченные кредиты имеют преимущество в виде залога, который передается в случае невозврата. Если кредит не обеспечен, залог не требуется.
- Кредитные продукты, ориентированные на активы, предоставляют деньги в долг по договору, обеспеченному залогом. Кредит или кредитная линия на основе активов могут быть обеспечены товарно-материальными запасами, дебиторской задолженностью, оборудованием или другим имуществом, принадлежащим заемщику.
- «Зелёные» кредиты — это кредиты, предоставляемые только на устойчивые, экологически безопасные цели, такие как сокращение выбросов CO₂ или разработка новых экологически безопасных технологий. В основе "зелёного" займа лежит кредит, обычно меньший по размеру, чем облигация, и осуществляемый в рамках частной операции.
- «Зелёные» облигации — это финансовые инструменты с фиксированным доходом, которые используются для финансирования проектов, имеющих положительные экологические и/или климатические преимущества. Их объем обычно больше, чем у "зелёных" займов, транзакционные издержки могут быть выше, и они могут быть размещены на бирже или в частном порядке.
- Кредиты, привязанные к устойчивому развитию, стимулируют заемщиков к достижению амбициозных целей в области устойчивого развития. Этот вид займов позволяет оценить степень улучшения показателей устойчивости путем предварительного установления

соответствующих целевых показателей устойчивости и обеспечивает прозрачность за счет отчетности по ним после получения займа.

Внешние средства не решают проблемы операционной и технической сложности, но они позволяют компаниям внедрять более масштабные решения, снижая воздействие на внутренние фонды. Разработка механизма декарбонизации таким образом, чтобы экономия затрат на энергию компенсировала выплаты по кредиту, эффективно нейтрализует чистое финансовое воздействие кредита. Однако это приведет к увеличению долговой нагрузки компании и может негативно сказаться на ее привлекательности для инвесторов.

Следует отметить, что долговое финансирование добавляет расходы на финансирование, увеличивая общую стоимость владения по сравнению с внутренним финансированием. Владение оборудованием также сопровождается расходами на амортизацию, что в итоге увеличивает стоимость финансирования. Внешнее финансирование может расширить масштабы проекта, но при этом необходимо хорошо оценить его финансовую жизнеспособность.

12.2.3 Соглашения об оказании услуг

Соглашения об оказании услуг - еще один вид финансовых инструментов для вариантов декарбонизации. Соглашения об оказании услуг способны устранить некоторые сложности в процессе углеродного перехода (он же «зелёный» или энергетический переход. *прим.перев.*), такие как выплата капитальных вложений. В рамках этой модели как право собственности на активы, так и ответственность за их функционирование остаются за поставщиком услуг. Основными типами сервисных соглашений являются контракты на энергосбережение как услуга (ESaaS), соглашения о покупке электроэнергии (PPA-контракт) и коммунальные услуги как услуга (UaaS).

В рамках сервисных соглашений поставщику услуг передаются первоначальные капитальные затраты на активы (например, солнечные батареи, тепловые насосы, энергосберегающее оборудование и мероприятия и т. д.), а также ответственность за производительность, обслуживание и владение активами. В этой модели компании платят за результат (например, снижение спроса на услугу), а не за владение оборудованием, но за это приходится платить некоторой операционной гибкостью, обусловленной долгосрочным характером сервисных контрактов.

Срок действия контрактов на обслуживание обычно больше, чем срок действия кредитов, что приводит к снижению ежегодных финансовых расходов. По окончании срока действия контракта оборудование может быть передано или продано клиенту, либо поставщик услуг может вывезти активы с территории клиента.

13 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСНОВНЫМ ЭТАПАМ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Декарбонизация металлургической промышленности в Казахстане требует стратегического и поэтапного подхода. Предлагаются следующие основные этапы.

Оценка исходного уровня (краткосрочная, период до 2 лет)

- а) Провести комплексную оценку текущего углеродного следа металлургической промышленности Казахстана.
- б) Определить основные источники выбросов и наиболее углеродоемкие процессы.
- в) Оценить техническую и экономическую целесообразность различных вариантов декарбонизации.

Нормативно-правовая база и разработка политики (краткосрочно, период до 2 лет)

- а) Установить тесное сотрудничество между правительством, заинтересованными сторонами отрасли, экологическими группами и другими заинтересованными сторонами для разработки национальной стратегии по декарбонизации металлургической промышленности Казахстана.
- б) Разработать национальную стратегию по декарбонизации металлургической промышленности, согласованную с общими климатическими целями Казахстана.
- в) Ввести правила и стандарты по сокращению выбросов, включая стандарты энергоэффективности.
- г) Создать благоприятную политическую среду, стимулирующую использование низкоуглеродных технологий и наказывающую за использование технологий с высоким уровнем выбросов.

Научно-исследовательские, организационно-конструкторские работы (среднесрочные, 2-5 лет)

- а) Инициировать проекты НИОКР для наиболее перспективных низкоуглеродных технологий, таких как электродуговые печи, железо прямого восстановления или прямовосстановленное железо (ПВЖ) с использованием водорода, а также улавливание, утилизация и хранение углерода (УХУ, CCUS). Один из проектов может быть инициирован по производству "зелёного" железа на основе технологии *HyIron* (делегат из Казахстана посетил такое предприятие в Германии в апреле 2024 года).

- б) Поддержка пилотных проектов для демонстрации жизнеспособности этих технологий в специфических промышленных условиях Казахстана.

Финансовые механизмы и стимулы (среднесрочная перспектива, 2-5 лет)

- а) Создать финансовые механизмы для поддержки перехода, такие как "зелёные" облигации, субсидии и налоговые льготы для низкоуглеродных инвестиций.
- б) Привлечение международного финансирования и инвестиций в проекты по декарбонизации.

Развитие инфраструктуры (среднесрочная и долгосрочная перспектива, 2-10 лет)

- а) Инвестировать в необходимую инфраструктуру для поддержки низкоуглеродных технологий, таких как возобновляемые источники энергии и предприятия по производству водорода.
- б) Модернизация электросети для удовлетворения растущего спроса на электрифицированные процессы.

Расширение масштабов и внедрение в промышленность (долгосрочная перспектива, 5-15 лет)

- а) Масштабирование успешных пилотных проектов до полного промышленного развертывания.
- б) Инициировать широкое внедрение проверенных низкоуглеродных технологий в металлургической промышленности.

Мониторинг, отчетность и соблюдение требований (постоянно)

- а) Внедрить надежную систему прозрачного мониторинга и отчетности по выбросам парниковых газов.
- б) Обеспечение соответствия национальным и международным нормам и стандартам.

Обучение персонала и наращивание потенциала (непрерывно)

- а) Разработать программы обучения, направленные на развитие навыков, необходимых для эксплуатации новых низкоуглеродных технологий.
- б) Поддерживать культуру постоянного совершенствования и инноваций в отрасли.

Обзор и корректировка (непрерывно)

- а) Регулярно анализируйте ход работ по декарбонизации и при необходимости корректируйте стратегии.

- б) Оставайтесь в курсе технологических достижений и включайте новые разработки в дорожную карту декарбонизации.

Международное сотрудничество и обмен знаниями (непрерывно)

- а) Участвуйте в глобальных инициативах и соглашениях, поддерживающих усилия по декарбонизации.
- б) Участвуйте в международных партнерствах для обмена знаниями, технологиями и передовым опытом.

Модернизация доменных печей и внедрение системы улавливания и хранения углерода (УХУ)

- а) Существующие доменные печи могут быть модернизированы для снижения выбросов.
- б) Кроме того, внедрение технологии УХУ позволяет улавливать выбросы CO_2 и предотвращать их попадание в атмосферу.

Расширение масштабов производства железа прямого восстановления (ПВЖ) на основе водорода

- а) Процессы ПВЖ на основе водорода могут заменить традиционные доменные печи. Использование «зелёного» водорода позволяет значительно сократить выбросы.

Целевые показатели по переработке стали

- а) Поощрение вторичной переработки стали снижает потребность в первичном производстве стали из железной руды.
- б) Политика, способствующая рециклингу и развитию циркулярной экономики, очень важна.

Эффективное использование стали и снижение спроса

- а) Замедление роста спроса на сталь за счет эффективного использования и проектирования может помочь сократить выбросы. Это включает в себя использование легких материалов, лучшие методы строительства и улучшение жизненного цикла продукции.

Целевые показатели использования экологически чистой электроэнергии и поставок «зелёного» водорода

- а) Политики должны уделять приоритетное внимание экологически чистой электроэнергии и производству «зелёного» водорода для поддержки низкоуглеродного сталелитейного производства.

Создание ведущих рынков для "зелёной" стали

- а) Поощряйте промышленные предприятия и потребителей к внедрению "зелёной" стали, создавая спрос и стимулируя ее использование.

Поддержка исследований и инноваций

- а) Инвестиции в исследования и разработку новых технологий имеют решающее значение для достижения целей декарбонизации.

Климатическая политика и регулирование

- а) Внедрение политики, стандартов и нормативных актов, которые направляют сектор на декарбонизацию.

Международное сотрудничество

- а) Сотрудничайте на глобальном уровне, чтобы обеспечить последовательность усилий и не дать медлительным участникам подорвать прогресс.

Эти этапы должны быть адаптированы к конкретным условиям и возможностям металлургической промышленности Казахстана с учетом природных ресурсов страны, существующей промышленной инфраструктуры и экономических приоритетов. Сотрудничество с международными организациями, такими как Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (ЮНИДО) или Международное энергетическое агентство (МЭА), может оказать ценную поддержку и предоставить экспертные знания в этом процессе.

14 МЕЖСЕКТОРАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Казахстан уже ощущает на себе последствия изменения климата, такие как повышение температуры воздуха, экстремальные погодные явления (сильные дожди и снегопады, бури и град), засухи и таяние ледников. Среднегодовая температура в стране повышается на 0,32 °С каждые 10 лет, что опережает среднемировые показатели ⁷⁶. Растущая нехватка воды (большая часть водозабора идет на нужды сельского хозяйства) и деградация водных экосистем - одни из самых острых проблем для Казахстана. В связи с проблемами, возникающими в связи с изменением климата в настоящее время и в будущем, а также в соответствии с международными усилиями, Республика Казахстан стремится достичь углеродной нейтральности к 2060 году, что отражено в национальной долгосрочной стратегии углеродной нейтральности.

14.1 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Что касается усилий по адаптации к изменению климата, главным образом в нижеперечисленных ключевых секторах, то общая цель главы Экологического кодекса, посвященной адаптации, заключается в содействии снижению климатических рисков в Казахстане путем повышения устойчивости к изменению климата при устранении последствий изменения климата. Это включает в себя минимизацию климатических рисков, реализацию мер по адаптации природных экосистем, хозяйственной деятельности и инфраструктуры, охрану здоровья населения, обеспечение продовольственной безопасности и доступа к воде, а также гендерное равенство.

Ключевыми секторами, на которые влияет изменение климата в Казахстане, являются:

14.1.1 Сельское и лесное хозяйство

Взаимодействие с промышленными процессами

В металлургической промышленности происходят процессы, включающие добычу сырья, выброс парниковых газов, в т.ч. способствующих образованию кислотных дождей, и образование токсичных отходов, таких как шлак и печная пыль. Вследствие этого сельское и лесное хозяйство подвергается воздействию неблагоприятных факторов, связанных с потреблением воды, загрязненной высокими концентрациями тяжелых металлов¹⁰⁹. Почва, выступающая в качестве

¹⁰⁹ MDPI, 2023. Проблемы и побочные эффекты тяжелых металлов в сельском хозяйстве.
https://www.mdpi.com/journal/agriculture/special_issues/heavy_metals_agriculture

резервуара загрязнения этими металлами, может стать токсичной для почвенных организмов и растений, что ставит под угрозу их жизнеспособность и жизнеспособность окружающих экосистем.

Общая информация о Казахстане

Промышленное загрязнение для сельского и лесного хозяйства в Казахстане - острая проблема, имеющая значение как на национальном, так и на глобальном уровнях. Почва и растительность обширных регионов страны загрязнены такими опасными веществами, как тяжелые металлы, нефтепродукты и сложные органические соединения. Это загрязнение связано с выбросами заводов и автотранспорта.

Таблица 9: *Индустриальное влияние на сельское и лесное хозяйство в Казахстане.*

Источники загрязнения	Твердые и жидкие отходы горнодобывающих и металлургических предприятий.
Причины	Трансграничный перенос тяжелых металлов, оксидов серы и азота. Токсичные отходы по-прежнему хранятся в различных хранилищах, зачастую без соблюдения соответствующих экологических норм и требований.
Затронутые районы	Небольшая территория вдоль дорог. Рядом с промышленными предприятиями. Аэродромы.
Количество отходов	4 миллиарда тонн отходов горнодобывающей отрасли. 1,1 миллиарда тонн отходов обогащения полезных ископаемых. 105 млн тонн отходов металлургической переработки.

Источник: Получено по данным предприятий горно-металлургической промышленности Республики Казахстан

В каждом промышленном районе существуют зоны экологического риска: насыпи, свалки, карьеры, буровые площадки, а также горные отвалы, разбросанные на площади более 60 000 гектаров, что приводит к постоянному загрязнению почвы. В Восточно-Казахстанской области почва загрязнена такими элементами, как медь, цинк, кадмий, свинец и мышьяк. В Казахстане существует серьезная проблема с обращением с опасными отходами. Опасные отходы часто выбрасываются на свалки, которые не соответствуют санитарным и экологическим нормам. Шемонаихинский, Глубоковский и Зырянский районы особенно страдают от загрязнения свинцом.

Сельское и лесное хозяйство в Казахстане находится под угрозой из-за загрязнения тяжелыми металлами. Это загрязнение является результатом использования воды из загрязненных источников, что приводит к токсичному состоянию почвы, которое может нанести вред организмам и растениям и нарушить экосистемы.

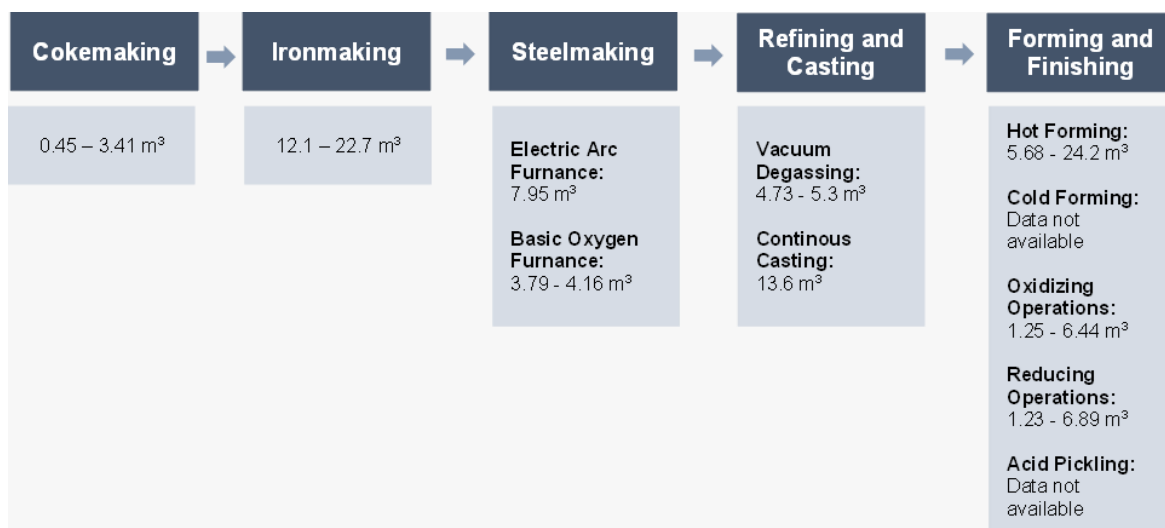
Это загрязнение в первую очередь связано со отходами предприятий и автотранспорта, включая трансграничный перенос тяжелых металлов и оксидов серы. Отходы часто хранятся на объектах, не отвечающих экологическим стандартам и требованиям.

14.1.2 Управление водными ресурсами

Взаимодействие с промышленными процессами

Вода - важнейший ресурс для большинства производственных процессов, и ею необходимо правильно управлять, что подразумевает сокращение ее потребления и сбросов загрязненных вод. В сталелитейной промышленности используются большие объемы воды, хотя безвозвратно расходуется её небольшая часть, поскольку большая часть воды используется повторно или возвращается в природу. Вода используется не только для охлаждения, но и для других процессов, таких как обеспыливание и очистка отходящих газов (в т.ч. с помощью извести). В сталелитейной промышленности могут быть используются все виды воды. Пресная вода в основном используется для технологических процессов, прямого и косвенного охлаждения, а морская вода, как правило, может применяться для однократного охлаждения после ее предварительной обработки для предотвращения образования накипи.

Рисунок 19. Использование воды в сталелитейном производстве.



Источник: Подготовлено Global Factor, 2024 г. на основе данных о промышленном водопользовании и его энергетических последствиях

Сталелитейная промышленность, потребляет в среднем 28,6 м³ воды на каждую тонну произведенной стали и сбрасывает сточных вод в среднем 25,3 м³ на тонну стали на заводах полного цикла. Какая-то часть используемой воды испаряется, а около 90% воды сбрасывается в окружающую среду после очистки и/или охлаждения и часто повторно используется на предприятиях.

Доступность и качество пресной вода является одной из проблем водоснабжения. Поэтому управление водными ресурсами является важной задачей для повышения устойчивости производственного процесса. Как уже отмечалось ранее, воду можно повторно использовать и перерабатывать в ходе производственных процессов. Однако необходимо охлаждать и опреснять сбросные воды, поскольку повышенная концентрация солей из-за испарения воды в ходе

использования представляет собой как экологическую так и технологическую проблему, так как оказывает негативное влияние на оборудование предприятий.

Общая ситуация в Казахстане

Основными источниками загрязнения подземных вод в Казахстане являются промышленные предприятия, места хранения твердых и жидких отходов промышленных и сельскохозяйственных предприятий, нефтяные месторождения и нефтеперерабатывающие заводы¹¹⁰. Наиболее загрязненные районы и территории расположены в Алматинской, Восточно-Казахстанской и Карагандинской областях. Эти районы отличаются высокой минерализацией воды, ее жесткостью и концентрацией сульфатов и хлоридов, превышающей предельно допустимые значения. Между тем, антропогенное загрязнение подземных вод отмечается также в западных и северо-западных регионах Казахстана, то есть в районах нефтедобычи и горнодобывающей промышленности, где выявлено загрязнение воды железом, марганцем и шестивалентным хромом.

В Казахстане РГП "Казгидромет" провело оценку качества воды в тринадцати водных объектах. Это реки Кара-Ертис, Иртыш, Брекса, Тихая, Ульба, Глубочанка, Красноярка, Оба, Бухтарма, Емель, Аягуз, озеро Маркаколь, Бухтарминское и Усть-Каменогорское водохранилища. В результате наблюдений были получены следующие результаты по качеству воды:

Таблица 10. Загрязнение воды в Казахстане.

Уровень загрязнения воды	Затронутые водные объекты	Причины
Умеренный	Реки Кара-Ертис, Иртыш, Бухтарма, Оба, озера Аягуз, Емель, озеро Маркаколь, Бухтарминское и Усть-Каменогорское водохранилища.	Горнодобывающие предприятия. Историческое загрязнение. Химические
Высокий	Реки Брекса, Тихая, Ульба и Глубочанка.	Сырье: цинк, марганец, медь, кадмий и железо. Кучи мусора
Чрезвычайно высокий	Река Красноярка.	

Источник: Получено из данных о деятельности предприятий горнометаллургической промышленности Республики Казахстан

Снижение загрязнения источников питьевой воды - важнейший вопрос управления водными ресурсами. Существует несколько нерешенных вопросов, связанных с качеством промышленных сточных вод. Значительный объем промышленных сточных вод поступает непосредственно на городские очистные сооружения, которые не предназначены для очистки промышленных сточных вод. Примерно 50 % сточных вод, сбрасываемых крупными предприятиями, не соответствуют требуемым стандартам. Большинство предприятий не имеют очистных сооружений (ОС), либо предварительная очистка на них проводится некачественно.¹¹⁰ Не существует законов, обязывающих предприятия заключать договоры с водоочистными предприятиями

¹¹⁰ ЕЭК ООН, 2019. Казахстанские обзоры экологической результативности. https://unece.org/sites/default/files/2021-08/ECE_CEP_185_Eng_0.pdf

(«водоканалами») на дополнительную очистку сточных вод. Кроме того, во многих городах Казахстана отсутствует система ливневой канализации.

Выводы

Основные выводы, касающиеся управления водными ресурсами:

- Вода является жизненно важным ресурсом во многих промышленных процессах, особенно в сталелитейной промышленности. Несмотря на большие объемы используемой воды, значительная ее часть используется повторно или возвращается в природу, что подчеркивает важность эффективного управления водными ресурсами для сокращения потребления и сбросов.
- В сталелитейной промышленности вода используется для различных процессов, включая охлаждение, газоочистку и удаление пыли. В среднем на каждую тонну произведенной стали расходуется 28,6 м³ воды, причем большая ее часть выделяется после очистки и/или охлаждения.
- Доступность и качество пресной воды являются основными проблемами в промышленных процессах. Необходимость охлаждения и опреснения воды из-за концентрации солей при испарении создает экологические проблемы и может негативно сказаться на оборудовании заводов.
- Промышленные предприятия, скопления отходов и нефтяные месторождения являются основными источниками загрязнения подземных вод в Казахстане. Значительный объем промышленных сточных вод не соответствует требуемым стандартам, а на многих предприятиях отсутствуют соответствующие очистные сооружения. Это подчеркивает необходимость совершенствования управления водными ресурсами и стратегий по снижению загрязнения.

14.1.3 Снижение риска бедствий

Взаимодействие с промышленными процессами

Декарбонизация в металлургической промышленности может значительно снизить риски бедствий, связанных с изменением климата и деградацией окружающей среды. Основные эффекты декарбонизации включают значительное снижение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности и экономической конкурентоспособности. Однако существует ряд проблем, связанных с промышленными процессами, которые порождают риски стихийных бедствий, например, промышленное загрязнение из-за отходов металлургического производства, неисправности оборудования, приводящие к авариям, и старение инфраструктуры, ставящее под угрозу целостность оборудования.

Мировое производство металлургических отходов оценивается в 400 миллионов тонн в год.¹¹¹ Эти отходы образуются при выплавке стали в электродуговых печах и связаны с производством стали. Твердые металлургические отходы, хранятся в шлаковых отвалах вблизи производственных предприятий, вызывая загрязнение окружающей среды - воды, почвы и воздуха.¹¹² Во всем мире предпринимаются значительные усилия по поиску решений для утилизации этих металлургических отходов. Их использование мотивируется экономическими и экологическими причинами, чтобы ликвидировать отвалы металлургических шлаков. Крайне важно разработать устойчивую систему, способную превратить все ценные ресурсы, которые выбрасываются на свалки в качестве отходов, в полезные продукты. Учитывая большое количество металлургических отходов и все более строгие экологические нормы, переработка и утилизация этих отходов представляется привлекательным вариантом, позволяющим минимизировать и в итоге устранить затраты на их утилизацию, а также уменьшить загрязнение природных ресурсов.

Металлургическая промышленность относится к отраслям с высоким уровнем риска. Статистический анализ рисков проводился и в других опасных отраслях, таких как угледобыча, транспортная и химическая промышленность.¹¹³ Несмотря на серьезные последствия несчастных случаев со смертельным исходом в металлообрабатывающей промышленности, статистических анализов несчастных случаев со смертельным исходом в этом секторе не так много. Ярким примером является сталелитейный завод ILVA в Италии, производственная мощность которого составляет 10 миллионов тонн стали в год и на который приходится 40 % итальянского производства. Завод расположен вблизи жилых районов города Таранто, население которого в 2019 году составляло 200 000 человек. Эпидемиологическое исследование, проведенное в окрестностях завода, показало, что воздействие промышленных выбросов стало причиной высокого уровня заболеваемости и смертности в этом районе от респираторных заболеваний.¹¹⁴

Общая ситуация в Казахстане

В 2023 году Казахстан занимал 40-е место из 134 стран по индексу загрязнения городов.¹¹⁵ В 2013 году правительство страны представило план перехода к "зелёной" экономике. Ключевыми секторами этого плана являются управление отходами, водоснабжение, устойчивая энергетика и транспорт. В настоящее время ощущается нехватка объектов и технологий для очистки токсичных выбросов промышленных предприятий, что означает, что загрязнение воздуха не контролируется в полной мере. Кроме того, транспорт работает на дешевом и некачественном топливе, а источники воды по всей стране подвержены деградации.

¹¹¹ World Steel, 2024. www.worldsteel.org

¹¹² Putiu D и др., 2022. Металлургические отходы как ресурсы для устойчивого развития сталелитейной промышленности. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5488>

¹¹³ Xu и др., 2022. Статистический анализ и прогнозирование несчастных случаев со смертельным исходом в металлургической промышленности Китая, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7312879>

¹¹⁴ Righi и др., 2021. Снижение риска бедствий и междисциплинарное образование и обучение, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590061721000259>

¹¹⁵ IQAir, 2024. Казахстанский индекс качества воздуха. , <https://www.iqair.com/es/kazakhstan>

Значительное развитие промышленности привело к росту спроса на сырье, что обусловило стремительную разработку как подземных, так и открытых месторождений полезных ископаемых. В Восточном Казахстане цветная металлургия, горнорудная промышленность (вольфрам, свинец, цинк) и другие отрасли промышленности наносят вред местному населению и жителям города Усть-Каменогорск. В настоящее время по уровню загрязнения Усть-Каменогорск является одним из худших городов мира. Концентрация PM_{2.5}, (взвешенные твердые микрочастицы и мельчайшие капли жидкости, присутствующие в воздухе, в Усть-Каменогорске в 2024 году в 1,1 раза превышает среднегодовое значение стандарта качества воздуха, рекомендованного Всемирной организацией здравоохранения.¹¹⁶

Например, Лакшми Миттал, бывший владелец компании "АрселорМиттал Темиртау", управляет несколькими десятками сталелитейных заводов по всему миру. Однако выбросы отходов в городе Темиртау значительно выше по сравнению с другими заводами по всему миру. Это объясняется отсутствием жестких норм, контроля и требований к экологическим стандартам со стороны правительства страны.

Важно отметить, что Балхаш, - город, известный своим одноименным озером, также является одним из основных центров цветной металлургии в Казахстане. Загрязнение воздуха в этом городе является критическим из-за соседства жилых и промышленных районов. Отходы, производимые металлургическими предприятиями Балхаша, повышают уровень тяжелых металлов и оксидов серы в озере Балхаш. В 2014 году в городе произошел инцидент, в результате которого погибли сотни птиц, причиной массовой гибели которых стал большой выброс газов в атмосферу. Балхашская металлургическая промышленность выбрасывает большое количество парниковых газов, которые смешиваются с влагой, испаряющейся с поверхности озера, и образуют кислотные дожди .

Выводы

Выводы по снижению риска бедствий таковы:

- Промышленные процессы могут порождать риски катастроф, такие как загрязнение окружающей среды отходами металлургического производства, неисправности оборудования и старение инфраструктуры.
- Мировое производство отходов металлургического производства оценивается в 400 миллионов тонн в год, что приводит к загрязнению окружающей среды - воды, почв и воздуха. По экономическим и экологическим причинам предпринимаются глобальные усилия по утилизации этих отходов. Переработка и утилизация этих отходов может свести к минимуму затраты на их утилизацию и уменьшить загрязнение окружающей среды.
- Металлургия - отрасль с высоким уровнем риска и серьезными последствиями несчастных случаев со смертельным исходом. Например, сталелитейный завод ILVA в Италии, расположенный вблизи жилых районов, вызвал высокий уровень заболеваемости и смертности из-за воздействия промышленных выбросов.

¹¹⁶ IQAir, 2024. Индекс качества воздуха Усть-Каменогорска. <https://www.iqair.com/es/kazakhstan/east-kazakhstan/ust-ka-menogorsk>

- В 2023 году Казахстан занял 40-е место из 134 стран по индексу загрязнения городов. Развитие промышленности привело к росту спроса на сырье, что наносит ущерб местным сообществам и жителям городов. Загрязнение воздуха в таких городах, как Усть-Каменогорск и Балхаш, является критическим, причем в последнем наблюдаются случаи массовой гибели птиц из-за больших выбросов газов в атмосферу.

14.2 НАЛИЧИЕ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

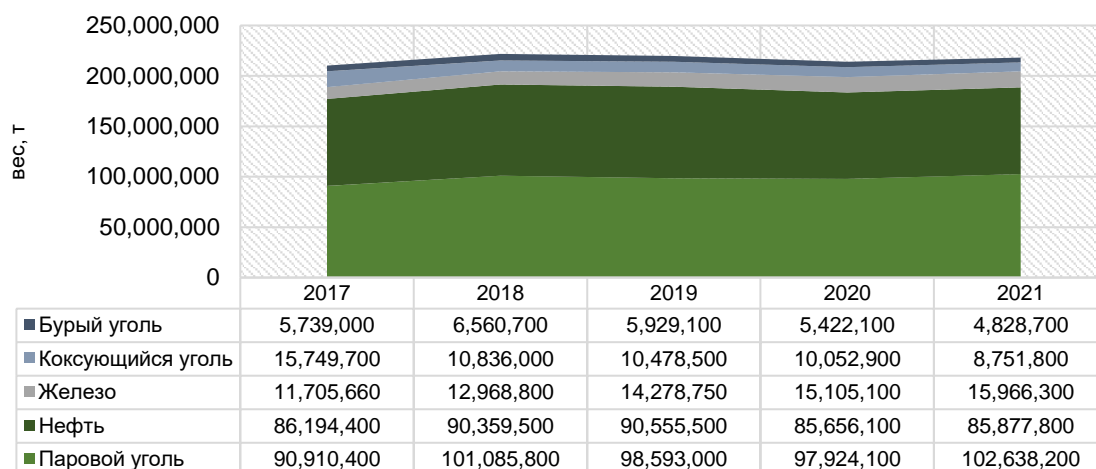
Нехватка воды - одна из главных проблем Казахстана, и поэтому ограниченные водные ресурсы требуют межсекторального и межрегионального сотрудничества. В регионе Центральной Азии богатые гидроэнергетические ресурсы стран, расположенных выше по течению трансграничных рек (Таджикистан, Кыргызская Республика) имеют решающее значение для декарбонизации, в то время как богатые ископаемым топливом страны нижнего течения, такие как Казахстан, нуждаются в воде для сельского хозяйства, питья, санитарии и многих других основных нужд. Центральноазиатская водно-энергетическая программа (CAWEP) работает над улучшением регионального сотрудничества в области водной и энергетической безопасности в Центральной Азии. CAWEP — это партнерство между Всемирным банком, Европейским союзом, Швейцарией и Великобританией.¹¹⁷

В 2021 году в Казахстане было произведено значительное количество минерального сырья, как показано на Рисунок 20. Наибольшая доля добычи приходится на энергетический уголь - 102 млн тонн, за ним следуют нефть и железная руда - 85 и 15 млн тонн соответственно.¹¹⁸

¹¹⁷ Всемирный банк, 2024 год. Программа по водным ресурсам и энергетике в Центральной Азии, <https://www.worldbank.org/en/region/eca/brief/cawep>

¹¹⁸ Данные о мировой горнодобывающей промышленности, 2023, <https://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2023.pdf>

Рисунок 20: Производство минерального сырья в Казахстане



Источник: Данные о мировой горнодобывающей промышленности, 2023 год ¹¹⁸

К 2024 году по объему ресурсов в недрах Казахстан войдет в первую двадцатку стран по доказанным запасам различных полезных ископаемых, включая хром, цинк, свинец, медь, золото, титан, железо, марганец, кадмий и бокситы.¹¹⁹ Кроме того, по различным оценкам, страна обладает значительными потенциальными запасами других полезных ископаемых, таких как литий. По оценкам Всемирного банка, в стране насчитывается более 5 000 неразведанных месторождений, стоимость которых оценивается более чем в 46 триллионов долларов США.¹²⁰

Потенциал ВИЭ в Казахстане

В рамках проекта Министерства энергетики Республики Казахстан, Программы развития ООН (ПРООН) и Глобального экологического фонда "Казахстанская инициатива по развитию рынка ветроэнергетики" проведено исследование ветрового потенциала на различных площадках по всей стране в соответствии с методикой оценки ветрового потенциала, в частности определена годовая динамика характеристик ветра для 15 площадок. На основе этой работы были разработаны Ветровой атлас Казахстана и прединвестиционные исследования для этих участков.

Энергия ветра

Ветроэнергетика обладает наибольшим потенциалом среди всех источников ВИЭ в Казахстане. Примерно на половине его территории средняя скорость ветра составляет около 4-5 м/с на высоте 30 м. Наибольшим ветровым потенциалом обладают Атырауская и Мангистауская области в районе Каспийского моря, а также северный и южный Казахстан. Согласно Концепции развития топливно-

¹¹⁹ EIAS, 2022. Оценка влияния Меморандума о взаимопонимании ЕС и Казахстана на критическое сырье, <https://eias.org/publications/assessing-the-impact-of-the-cu-kazakhstan-memorandum-of-understand-on-critical-raw-materials>

¹²⁰ The Astana Times, 2024. Казахстанско-итальянский круглый стол завершился подписанием сделок на 1,5 миллиарда долларов. <https://astanatimes.com/2024/01/kazakh-italian-roundtable-concludes-with-1-5-billion-in-signed-deals>

энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года, ветропотенциал страны составляет 1 820 млрд кВт·ч в год.

Гидроэнергетика

Гидроэнергетика является вторым по величине источником ВИЭ в Казахстане. По состоянию на 2017 год на ее долю приходится около 10,9 % генерирующих мощностей страны. Занимая третье место среди стран СНГ (Содружество независимых государств) по потенциалу водных ресурсов, Казахстан имеет потенциал в 170 млрд кВт·ч в год, из которых около 62 млрд кВт·ч/г технически осуществимы. Годовой гидроэнергетический потенциал средних и крупных рек составляет 55 млрд кВт·ч/г, малых рек - 7,6 млрд кВт·ч/г. Технически осуществимыми считаются около 8 млрд кВт·ч/от малых гидроэлектростанций. Гидроэнергетические ресурсы присутствуют в разных регионах страны, но три зоны имеют особенно значительные ресурсы: бассейн реки Иртыш и ее основных притоков (Бухтарма, Уба, Ульба, Курчум, Кальжыр (Кальжир)), юго-восточная зона с бассейном реки Или, и южная зона с бассейнами рек Сырдарья, Талас и Чу. По состоянию на 2017 год выработка электроэнергии малыми ГЭС составила 649 млн кВт·ч/г.

Солнечная энергия

Казахстан обладает огромным потенциалом солнечной энергии. Согласно Концепции развития топливно-энергетического комплекса, солнечный свет может генерировать около 2,5 млрд кВт·ч электроэнергии в год. В Казахстане солнечная энергия доступна для генерации электроэнергии в течение 2200-3000 часов в год (2500-3000 ч/г в южных регионах).

Геотермальная энергия

Казахстан также потенциально богат геотермальными ресурсами. Его гидрогеотермальные ресурсы с температурой от 40 °С до более чем 100° С оцениваются в 10 275 млрд м³ по объему воды и 680 млрд Гкал по количеству тепла, что эквивалентно 97 млрд т н.э. (тонн нефтяного эквивалента) или 2,8 млрд ТДж, что соответствует оценочным запасам ископаемого топлива в стране. Так запасы углеводородов в Казахстане оцениваются в 12 млрд тонн нефти и конденсата (17,2 млрд т н.э.) и около 6-8 трлн куб. м природного газа (7-9,2 млрд т н.э.). Запасы угля оцениваются в 150 млрд тонн (101,0 млрд т н.э.).

Геотермальные источники расположены преимущественно в Западном Казахстане (75,9%), Южном Казахстане (15,6%) и Центральном Казахстане (5,3%). Наиболее перспективными источниками являются Арысский, Алматинский и Жаркентский бассейны на юге и юго-востоке Казахстана, где имеются подземные воды с минерализацией до 3 г/дм³ и температурой до 70-100 °С.

Энергия биомассы

Казахстан является крупным производителем сельскохозяйственной продукции, в результате чего образуется значительное количество растительных отходов и навоза. Наибольшие объемы различных сельскохозяйственных отходов имеются в Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской, Костанайской, Акмолинской и Карагандинской областях. Отходы животноводства являются стабильным источником биомассы для производства энергии, как и твердые бытовые отходы. Пока нет данных об общих и доступных объемах отходов и их географическом расположении. Отходы

и остатки редко используются эффективно, например, в качестве сырья для биоэнергетических проектов. В настоящее время Европейский банк реконструкции и развития реализует проект по оценке потенциала производства биотоплива в Казахстане.