



ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАН

Плаkitкина Л.С., Плаkitкин Ю.А., Дьяченко К.И.

**Современные тренды и прогнозы
развития добычи и экспорта угля в
мире и России в условиях трансфор-
мации мировой экономики**

Москва

2025

Рецензенты:

Кудрявцева Ольга Владимировна, доктор экономических наук, профессор кафедры «Экономики природопользования» Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (МГУ), член экспертного совета РФФИ по экономике;

Халидов Ибрагим Арбиевич, доктор экономических наук, сотрудник кафедры «Стратегического управления топливно-энергетическим комплексом» Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина

Плаkitкина Л.С., Плаkitкин Ю.А., Дьяченко К.И.

Современные тренды и прогнозы развития добычи и экспорта угля в мире и России в условиях трансформации мировой экономики: Монография / Москва, ИНЭИ РАН, 2025. – 98 с.

В монографии представлен детальный анализ развития угольной промышленности мира и России в период с 2000 по 2023 гг., включая добычу и поставки коксующихся и энергетических углей. Выявлены основные тенденции развития экспорта угля в мире и России, а также действующие тренды и анализ структуры поставок угля основным мировым углеимпортерам. Проанализированы современные угрозы и вызовы, воздействующие на развитие угольной промышленности России, в том числе: зависимость российских углепроизводителей от поставок импортного оборудования; мировая климатическая повестка как фактор сдерживания развития добычи угля; расширение использования возобновляемых источников генерирования энергии и более продуктивных ее накопителей и аккумуляторов; внедрение технологий производства и использования водорода для энергетических целей. Результатом проведенного анализа является систематизация риск-факторов, сдерживающих перспективное развитие добычи и экспорта российского угля. С учетом этих факторов определены перспективы развития добычи угля в мире.

Монография рассчитана на широкий круг читателей, включающий руководителей и специалистов угледобывающих компаний, проектных организаций, органов государственного управления, а также аспирантов и студентов.

ISBN 978-5-91438-043-1

ISBN 978-5-91438-043-1



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Прогнозное видение развития угольной промышленности в проекте новой Энергетической Стратегии России на период до 2050 г.....	6
2. Современное состояние в мировой и российской угледобыче	7
2.1 Анализ добычи угля в России и основных угледобывающих странах мира.....	7
2.2 Добыча коксующегося угля в мире в период 2000-2023 гг.....	10
2.3 Добыча энергетического угля в мире в период 2000-2023 гг.	11
3. Актуальные оценки объемов и структуры поставок российского угля в период 2000-2023 гг.	12
4. Основные тенденции развития экспорта угля в мире и России в период 2000-2023 гг.	15
4.1 Оценка экспортного потенциала основных угледобывающих стран мира	15
4.2 Российский угольный экспорт – возможности регионов, оценка переориентации его поставок	16
4.3 Экспорт коксующегося угля в основных угледобывающих странах мира	21
4.4 Экспорт энергетического угля в основных угледобывающих странах мира	22
5. Действующие тренды и анализ структуры поставок угля основным мировым углеимпортерам	23
5.1 Оценка потенциала поставок угля основным мировым углеимпортерам	23
5.2 Поставки коксующегося угля основным странам-углеимпортерам	26
5.3 Поставки энергетического угля основным странам-углеимпортерам	27
6. Современные угрозы и вызовы, воздействующие на развитие угольной промышленности России.....	29
6.1 Систематизация основных угроз и вызовов, воздействующих на добычу и экспорт российского угля	29
6.2 Влияние эмбарго на угольную отрасль России	30
6.3 Оценка зависимости российских углепроизводителей от поставок импортного оборудования	32
6.3.1 Состояние импортозамещения на предприятиях угольной промышленности	32
6.3.2 Оценка уровней актуальности производства отдельных видов горношахтного оборудования на отечественных машиностроительных заводах	34
6.3.3 Предложения по организации государственной поддержки внедрения новой техники и технологий на предприятиях угольной промышленности.....	35
6.4 Анализ ценовой конъюнктуры на мировых угольных рынках.....	37
6.5 Программные темпы декарбонизации экономики основных угледобывающих и углепотребляющих стран мира	39
7. Мировая климатическая повестка как фактор сдерживания развития добычи угля.....	41
7.1 Основные вызовы низкоуглеродного развития, влияющие на масштабы добычи угля в перспективном периоде	41
7.2 Намерения угольных компаний по реализации политики устойчивого развития..	43
7.3 Влияние добычи угля на эмиссию парниковых газов	44
7.4 Анализ проектов по улавливанию и захоронению диоксида углерода (Carbon Capture and Storage, CCS).....	45
8. Расширение использования возобновляемых источников генерирования энергии и более продуктивных ее накопителей и аккумуляторов	47
8.1 Масштабы развития солнечной энергетики в странах мира	47

8.1.1 Действующие проекты и намерения стран по развитию солнечной энергетики	47
8.1.2 Переработка солнечных модулей	52
8.2 Развитие ветровой энергетики в странах мира	53
8.3 Основные проекты в области ВИЭ, реализуемые в России	56
8.4 Прогноз мирового потребления энергии ВИЭ	59
8.5 Перспективные технологии и реализация проектов хранения и аккумулирования энергии в мире	59
9. Внедрение технологий производства и использования водорода для энергетических целей	63
9.1 Развитие водородной энергетики – угроза развитию угольной отрасли РФ	63
9.2 Анализ мировых проектов производства водорода	65
9.3 Основные проекты по использованию водорода в экономике России	67
9.4 Базовые технологии производства водорода	68
9.5 Виды водорода и оценка стоимости их производства	69
9.6 Ценовой ряд производства водорода в странах мира	71
10. Риск-факторы, сдерживающие перспективное развитие добычи и экспорта российского угля	72
10.1 Риск-факторы, определяемые действием основных угроз и вызовов развитию угольной отрасли	72
10.2 Газификация регионов России как дополнительный фактор риска развития российской угледобычи	72
11. Перспективы развития добычи угля в мире	73
11.1 Прогнозное видение развития добычи угля международными организациями и правительствами стран мира	73
11.2 Прогнозы добычи и экспорта угля в мире и России, разработанные в ИНЭИ РАН	75
Заключение	79
ПРИЛОЖЕНИЯ	81
Приложение 1 – Систематизация компаний (заводов) по основной номенклатуре производства и ремонта горношахтного оборудования, размещенных в регионах РФ	82
Приложение 2 – Основные виды горношахтного оборудования (ГШО), производимого российскими компаниями (заводами) в соответствии с их функциональным назначением	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	98

Введение

В настоящее время на развитие добычи и экспорта угля в России существенное влияние оказывают такие «отягчающие» факторы, как эмбарго стран ЕС и Великобритании, вступившее в силу с августа 2022 г.; климатическая повестка и декарбонизация экономики, предполагающие необходимость снижения выбросов CO₂ и достижение углеродной нейтральности; использование солнечной, ветровой и водородной энергетики, которые во многих странах вытесняют газ и уголь в структуре энерго-теплобаланса; развитие водородной энергетики; предстоящая газификация Сибири и Дальнего Востока, включая и регионы, где в настоящее время осуществляется добыча угля и др.

Современные проекты в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и водородной энергетики, а также газификация регионов восточной части России ограничивают развитие угольной промышленности России в перспективном периоде.

Согласно проекта новой Энергетической Стратегии России в период до 2050 г. (ЭС-2024), предложен достаточно широкий диапазон развития добычи и экспорта российского угля. Так, в представленных четырех сценарных вариантах предусматривается как значительный рост добычи угля в период до 2050 г. («максимальный» сценарий – до 691 миллионов тонн (далее – млн т), так и ее падение («стрессовый» сценарий – до 258 млн т). Соответственно этому, предполагается, что экспорт угля или возрастет до 431 млн т («максимальный» сценарий), либо сократится до 101 млн т («стрессовый» сценарий).

Поэтому, существует необходимость дополнительных оценок развития угольной промышленности в долгосрочном перспективном периоде.

В связи с этим представляется целесообразным проанализировать и выявить современные тренды в динамике добычи, экспорта и импорта угля в период 2000-2023 гг.; систематизировать и проанализировать основные угрозы и вызовы, влияющие на развитие угольной отрасли России.

Это позволит актуализировать действующие прогнозы развития добычи и экспорта угля в основных странах мира и России на период до 2050 г., что в условиях трансформации мировой экономики является актуальной задачей.

1. Прогнозное видение развития угольной промышленности в проекте новой Энергетической Стратегии России на период до 2050 г.

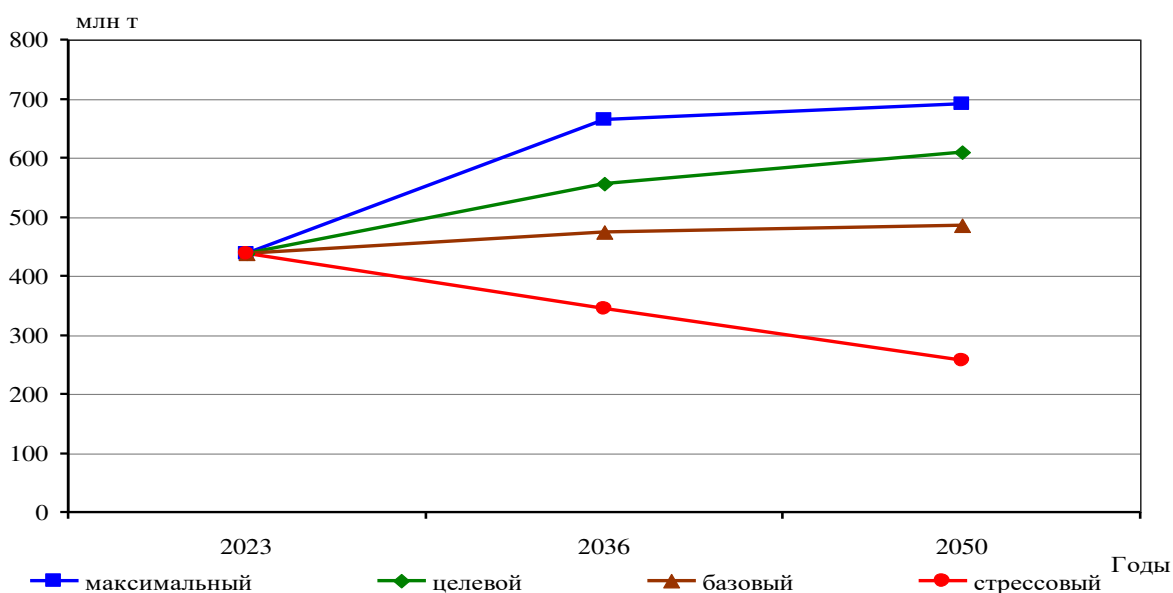
Среди большого количества сессий и выступлений на прошедшем международном форуме «Российская Энергетическая Неделя» в Москве в сентябре 2024 г. обсуждалось много вопросов о состоянии и развитии ТЭК в России и во многих странах мира.

Прогнозные цифры по угольной промышленности в период до 2050 г. по четырем сценарным вариантам из проекта Энергетической Стратегии России до 2050 г. представлены Минэнерго России (таблица 1).

Таблица 1 – Прогнозы добычи и экспорта российского угля в проекте ЭС-2024, млн т

Сценарии	Добыча угля		Экспорт угля	
	2036 г.	2050 г.	2036 г.	2050 г.
максимальный	664	691	395	431
целевой	557	609	294	350
базовый	474	485	272	310
стрессовый	344	258	141	101

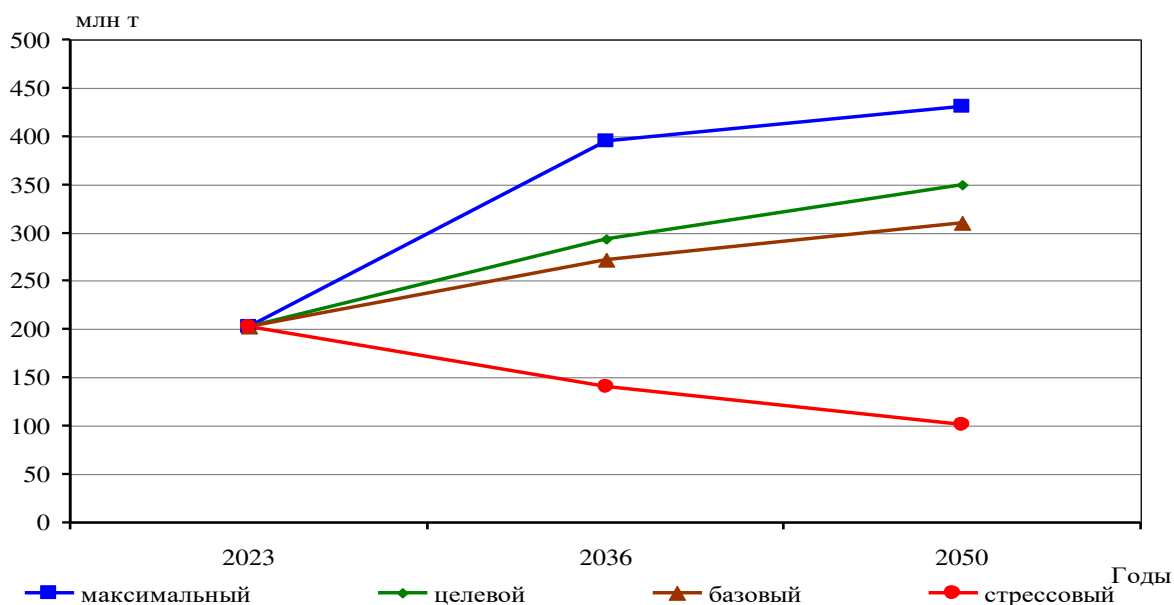
На рисунке 1 показаны прогнозные значения добычи угля в России в период до 2050 г. в соответствии с проектом ЭС-2024.



Источник: Минэнерго России

Рисунок 1 – Прогнозы добычи угля в России на 2036 и 2050 гг. в соответствии со сценарными вариантами проекта ЭС-2024

Прогнозные значения экспорта российского угля на 2036 и 2050 гг., согласно ЭС-2024, представлены на рисунке 2.



Источник: Минэнерго России

Рисунок 2 – Прогнозы экспорта угля в России на 2036 и 2050 гг. в соответствии со сценарными вариантами проекта ЭС-2024

Рассмотрим возможности достижения прогнозных значений добычи и экспорта российского угля в период до 2050 г., согласно проекта ЭС-2024.

Для этого предварительно проанализируем развитие добычи, экспорта и импорта угля в мире и России в период 2000-2023 гг.

2. Современное состояние в мировой и российской угледобыче

2.1 Анализ добычи угля в России и основных угледобывающих странах мира

В настоящее время ситуация с углем – неоднозначная:

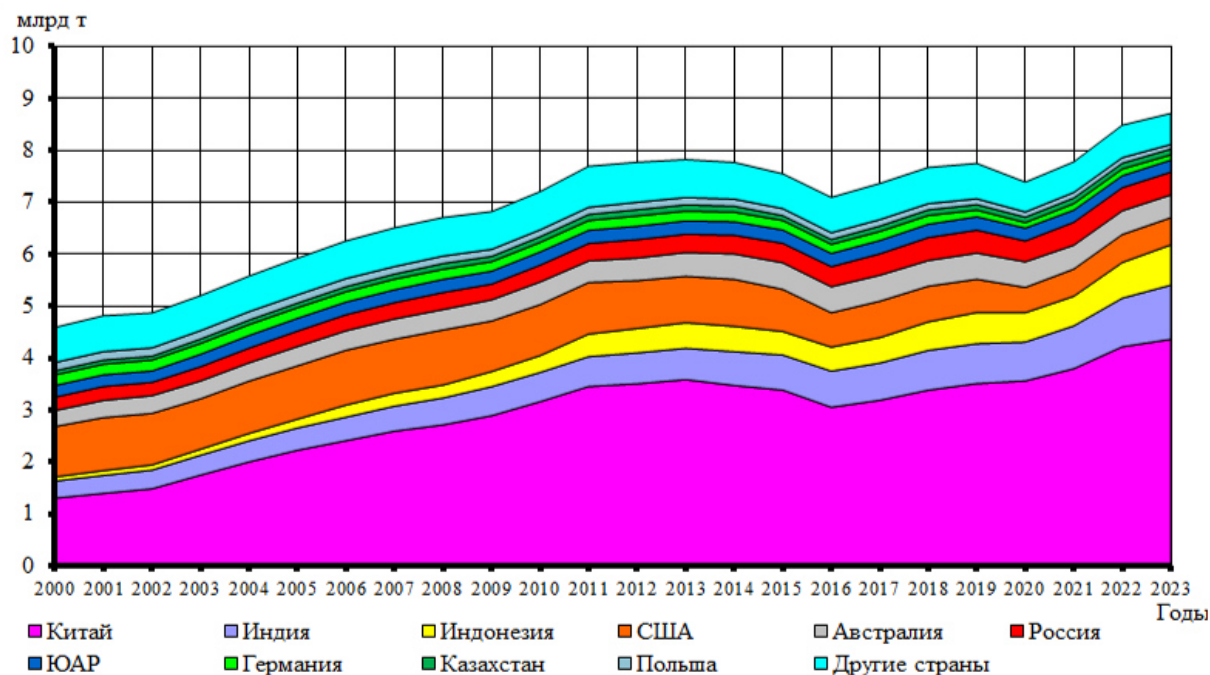
– с одной стороны, декарбонизация экономики, предполагающая снижение выбросов CO₂, достижение углеродной нейтральности, климатическая повестка, использование ВИЭ во многих странах вытесняют газ и уголь в структуре энерго-теплобаланса;

– с другой стороны, рост добычи угля во многих странах мира, позволяющий предположить, что в настоящее мы наблюдаем не столько «закат», сколько переформатирование угольной отрасли, которая, несмотря на санкционное давление, по мнению многих экспертов, переживает ренессанс.

Возникает вопрос: как долго может продлиться рост добычи угля в мире.

Для этого проанализируем добычу угля в основных странах мира в период 2000-2023 гг.

В 2023 г. добыча угля в мире составила 8,7 млрд т (на 89,8% больше, чем в 2000 г. и на 2,7% выше, чем в 2022 г.) (рисунок 3).



Источник: МЭА (IEA), ИНЭИ РАН

Рисунок 3 – Развитие добычи угля в мире в период 2000-2023 гг.

Доля Китая в мировом объеме добычи угля – 50,1% (I место в мире), Индии – 12,0% (II место), Индонезии – 8,9% (III место), США – 6,0% (IV место), Австралии – 5,0% (V место), России – 5,0% (VI место) [1].

В настоящее время 62% добываемого угля в мире производится в Китае и Индии, которые также активно наращивают и производство природного газа, и ВИЭ.

В 2023 г. добыча угля в Китае составила 4,36 млрд т (в 3,3 раза больше, чем в 2000 г., на 3,4% больше чем в 2022 г.).

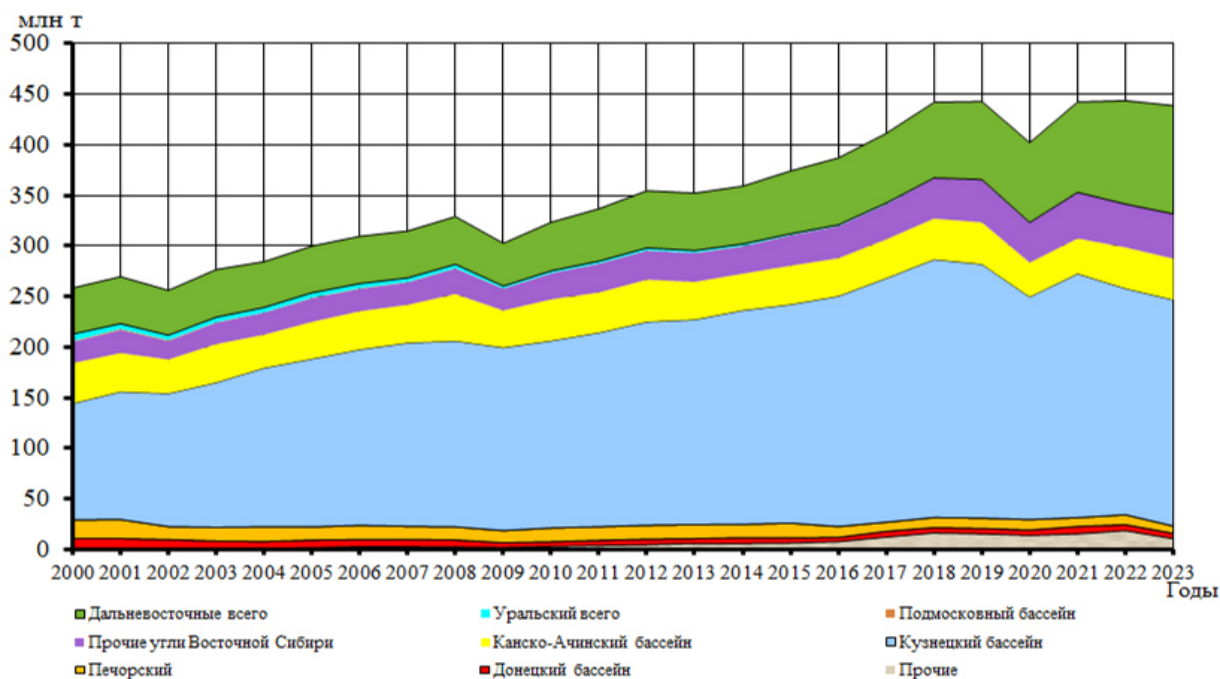
В Индии добыча угля в 2023 г. возросла до 1,04 млрд т (в 3,2 раза больше уровня 2000 г. и на 11,7% выше, чем в 2022 г.).

В период с 2000 по 2023 гг. резко выросли объемы добычи угля в Индонезии – в 9,8 раза, до 775,2 млн т (+ 12,6% к уровню 2022 г.).

В США добыча угля в период с 2000 по 2023 гг. наоборот – резко упала – на 46,1%, до 423,6 млн т (- 2,8% к уровню 2022 г.).

В Австралии добыча угля в период с 2000 по 2023 гг. возросла в 1,4 раза, до 438,7 млн т, однако это на 4,1% ниже, чем в 2022 г.

В России добыча угля в 2023 г. составила 438,7 млн т, что на 76,9% больше, чем в 2000 г., однако на 1,1% ниже, чем в 2022 г. (рисунок 4) [2].



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 4 – Развитие добычи угля в России в период 2000-2023 гг.

Кроме того, в 2023 г. еще 5,4 млн т было добыто в Донбассе (в 2021 г. – 7,5 млн т).

Добыча угля в России осуществляется преимущественно открытым способом – 77,7% (доля подземного способа – 22,3%), в 5 федеральных округах, 18 субъектах РФ, на 179 предприятиях (52 шахтах и 127 разрезах). Угольная отрасль полностью приватизирована.

Суммарная производственная мощность угледобывающих предприятий, по состоянию на начало 2024 г., – 558 млн т.

15 системообразующих компаний по добыче угля в РФ в 2023 г. обеспечили около 80% всего объема добываемого угля в России: АО «СУЭК», АО УК «Кузбассразрезуголь», ООО «УК «ЭЛСИ», ООО «Эльгауголь», ООО «Евраз Холдинг», En+Group, ЗАО «Стройсервис», ООО «Восточная Горнорудная Компания» (разрез «Солнцевский»), АО ХК «СДС-Уголь», ООО «УК «Колмар», АО «Кузбасская Топливная компания» (разрез «Виноградовский»), АО «Русский Уголь», ПАО «Мечел» и др.

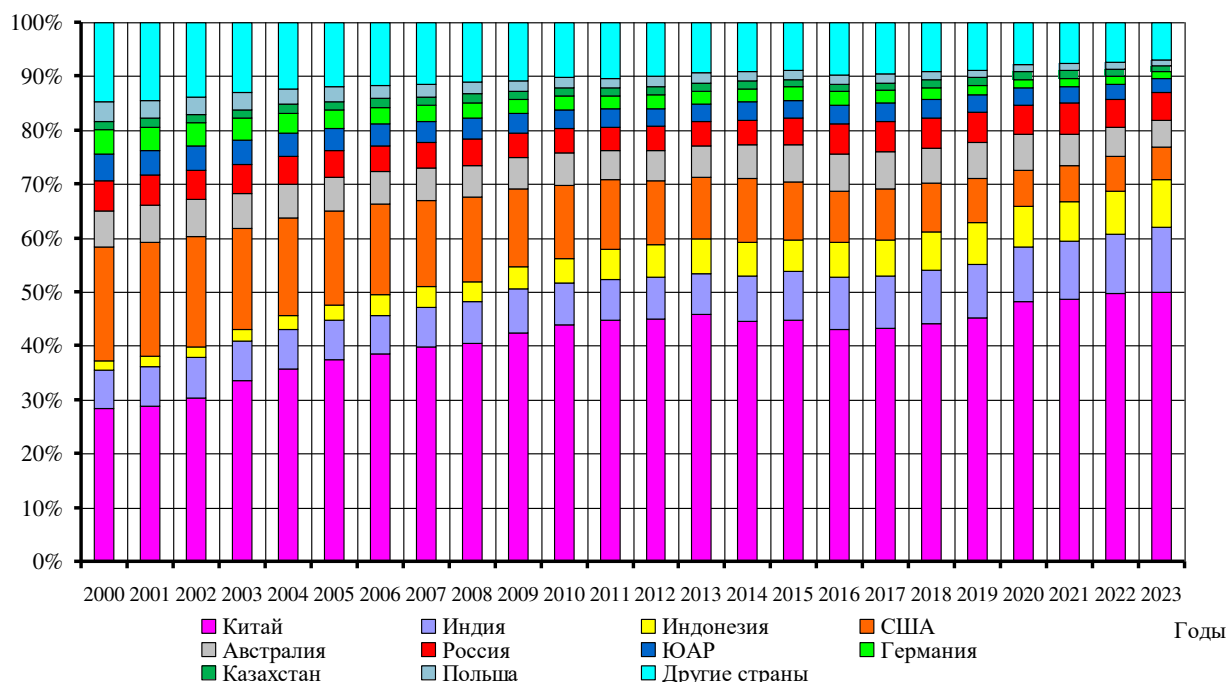
В основных бассейнах и месторождениях по добыче угля в России в 2023 г. было добыто: Кузнецком бассейне – 212,6 млн т, Дальневосточных углей – 107,1 млн т, Канско-Ачинском бассейне – 44,3 млн т, Прочих углях Восточной Сибири – 44,2 млн т, Печорском бассейне – 7,2 млн т, Донецком бассейне – 5,3 млн т.

Суммарная доля Печорского и Донецкого бассейнов в 2023 г. – 3,0% от всей добычи угля в РФ. Добыча угля на Урале и в Подмосковном бассейне – прекращена. Поэтому, более 96% всего объема добываемого угля в России в настоящее время производится на Востоке страны.

Добыча угля в России в январе-сентябре 2024 г. снизилась на 1,7% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, до 310 млн т.

В целом в 2024 г. возможно снижение добычи угля в РФ, что связано с полным закрытием рынка ЕС и уменьшением объемов поставок в Южную Корею, Японию, Великобританию и др. страны.

Россия постепенно сокращает свою долю на мировом угольном рынке: в 2023 г. на РФ приходилось 5,0% мировой добычи угля, тогда как в 2021 г. этот показатель был на уровне 5,9% (рисунок 5).



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

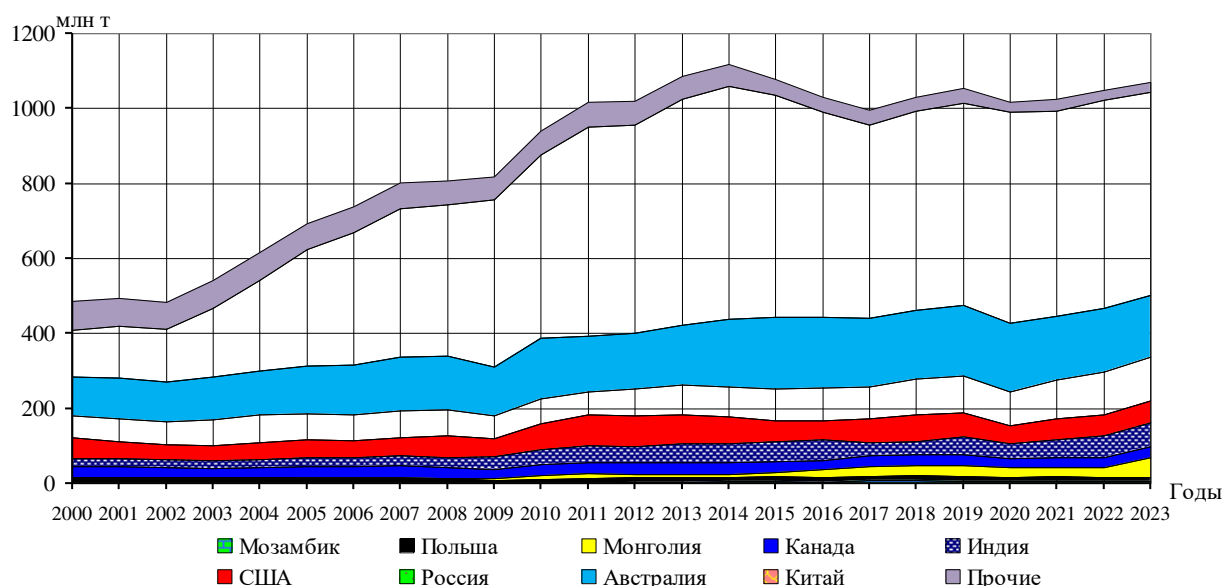
Рисунок 5 – Доли добычи угля основных стран мира в общем объеме мирового производства угля в период 2000-2023 гг.

2.2 Добыча коксующегося угля в мире в период 2000-2023 гг.

Добыча коксующегося угля в мире в 2023 г. составила 1068,6 млн т (в 4,2 раза больше, чем в 2000 г., но на 2,4% меньше уровня 2022 г.).

Основные страны, добывающие коксующиеся угли: *Китай* – 541,0 млн т (доля в мировом производстве – 50,6%); *Австралия* – 166,7 млн т (доля – 15,6%); *Россия* – 114,7 млн т (доля – 10,7%), на 3-м месте в мире по добыче коксующихся углей; *Индия* – 62,4 млн т (доля – 5,8%); *США* – 60,1 млн т (доля – 5,6%) (рисунок 6).

В 2023 г. в России основной объем добычи коксующихся углей пришелся на предприятия Кузнецкого бассейна – 59,0%, Республики Саха (Якутия) – 34,2% и Печорского бассейна – 6,3%.



Источник: МЭА (IEA), ИНЭИ РАН

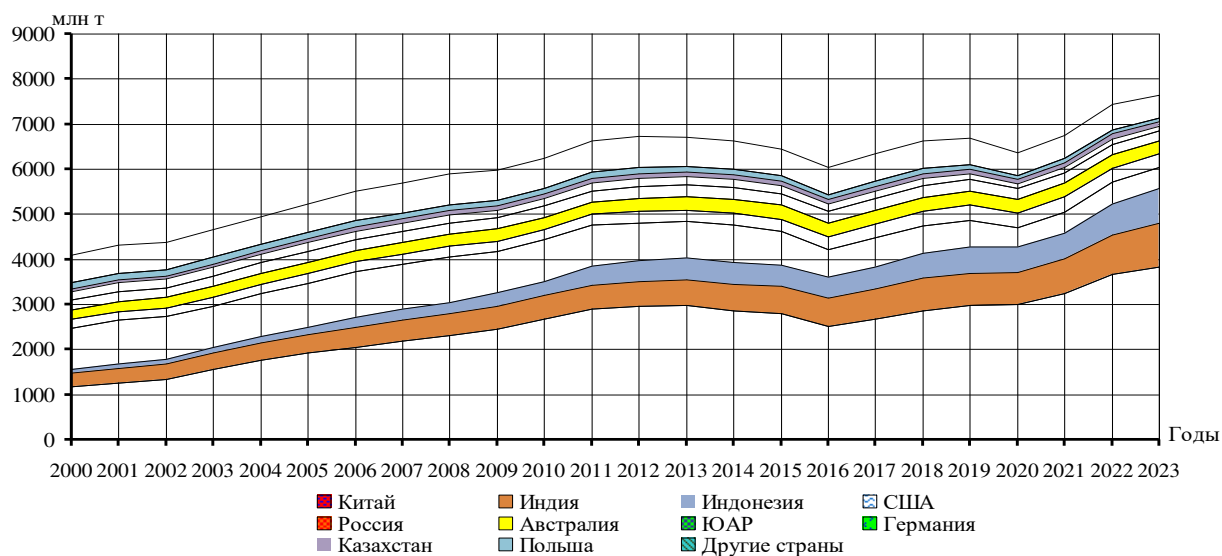
Рисунок 6 – Развитие добычи коксующегося угля в мире в период 2000-2023 гг.

За 9 месяцев 2024 г. добыча коксующегося угля выросла на 8,4% до 83 млн т.

Основные компании – производители российского коксующегося угля: ООО «Распадская угольная компания», ООО «Эльгауголь», АО «Воркутауголь», ГОК «Инаглинский», АО УК «Кузбассразрезуголь», АО УК «Сибирская», ГОК «Денисовский», АО ХК «Ургалуголь» и др.

2.3 Добыча энергетического угля в мире в период 2000-2023 гг.

Мировое производство энергетического угля в 2023 г. – 7,64 млрд т (рисунок 7).



Источник: МЭА (IEA), ИНЭИ РАН

Рисунок 7 – Развитие добычи коксующегося угля в мире в период 2000-2023 гг.

На I месте по добыче энергетического угля – Китай (доля – 50,0%), на II месте – Индия (доля – 12,8%), на III месте – Индонезия (доля – 10,1%), на IV месте – США (доля – 6,1%), на V месте – Россия (доля – 4,2%).

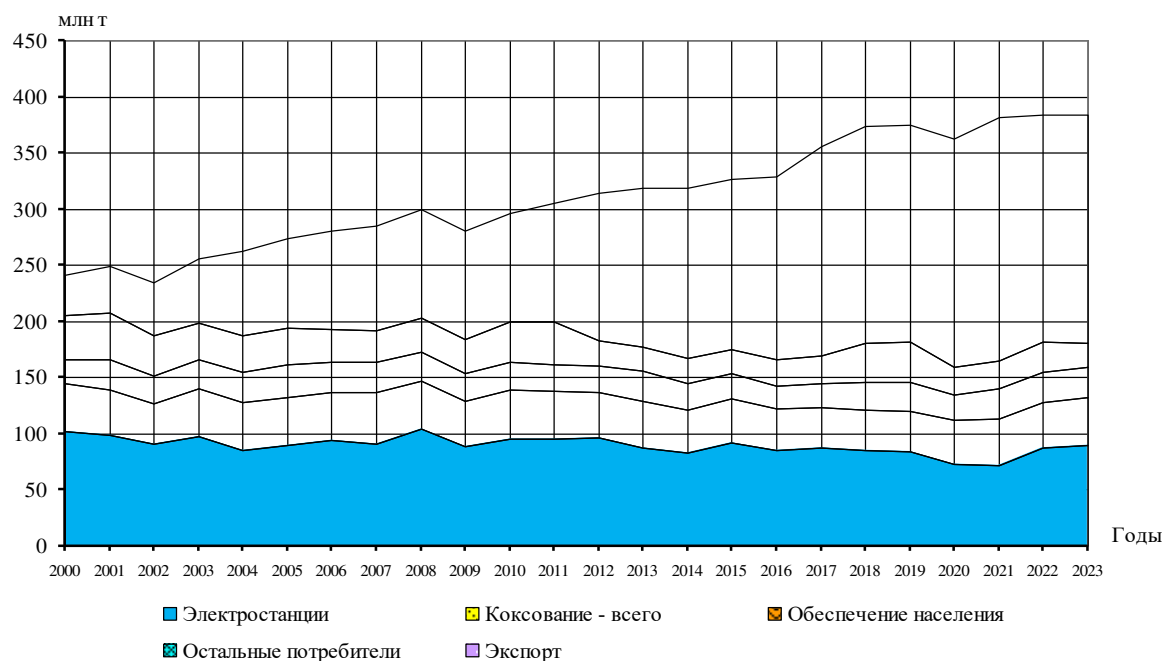
В России в 2023 г. добыто 324,1 млн т энергетического угля, что на 65,1% больше, чем в 2000 г., но на 1,3% меньше, чем в 2022 г.

В январе-сентябре 2024 г. добыча энергетического угля в России сократилась на 10,1% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, до 227 млн т.

Рассмотрим структуру поставок российского угля в период 2000-2023 гг.

3. Актуальные оценки объемов и структуры поставок российского угля в период 2000-2023 гг.

Общая отгрузка угля, включая экспорт угля, по данным ЦДУ ТЭК, в период с 2000 по 2023 гг. возросла на 59% и на конец периода составила 383,6 млн т (рисунок 8) [3].



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 8 – Общая отгрузка угля в период с 2000 по 2023 гг.

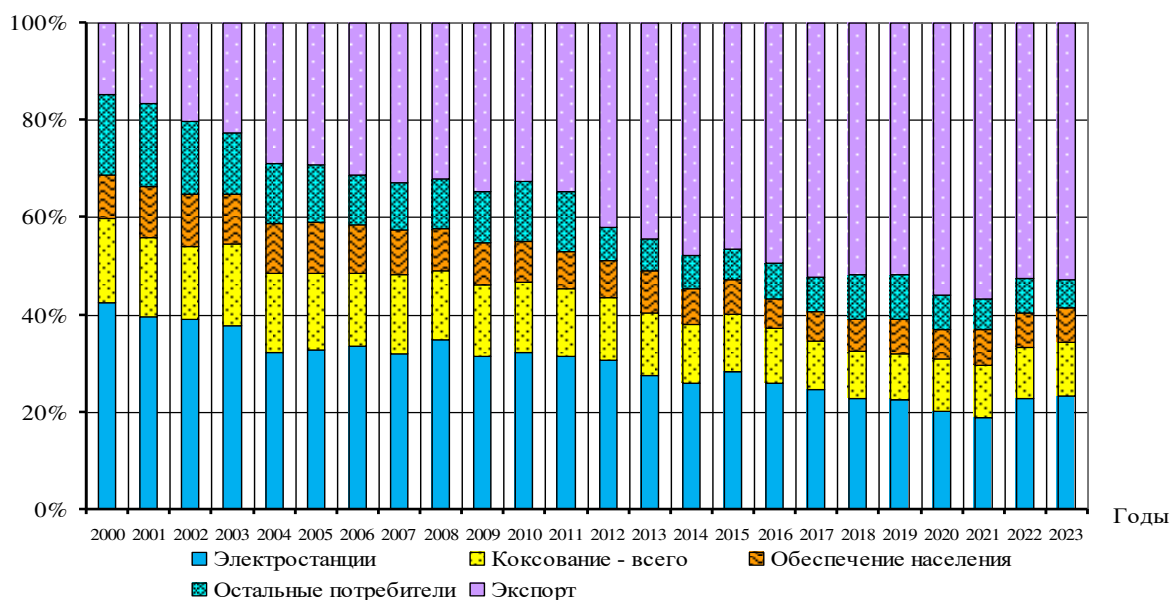
Общие поставки угля по направлениям отгрузки в период с 2000 по 2023 гг. изменились следующим образом:

- *экспорт угля* – возрос с 35 млн т в 2000 г. до 202,7 млн т в 2023 г., при этом доля его в общем объеме отгрузки угля увеличилась с 15% до 53%;
- *для электростанций* – сократились с 102 млн т в 2000 г. до 90 млн т в 2023 г., доля в общей отгрузке угля упала с 42% до 23%;

– для коксования – остались практически без изменений и составили 42 млн т, при этом доля в общей отгрузке угля упала с 17% в 2000 г. до 11% в 2023 г.;

– для комбыта и обеспечения населения – незначительно выросли, с 22 млн т в 2000 г. до 27 млн т в 2023 г., а доля в общей отгрузке угля сократилась с 9% до 7%;

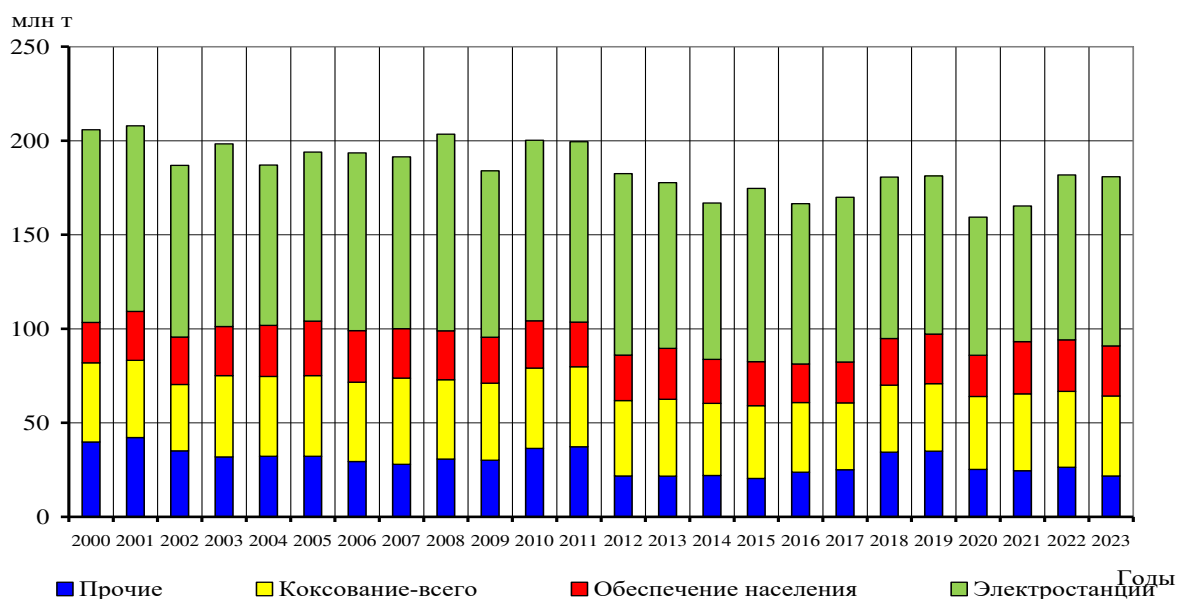
– остальным потребителям – упали почти вдвое, с 40 млн т в 2000 г. до 22 млн т, а доля в общей отгрузке угля сократилась с 17% до 6% (рисунок 9).



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 9 – Доли поставок угля по направлениям отгрузки в период с 2000 по 2023 гг.

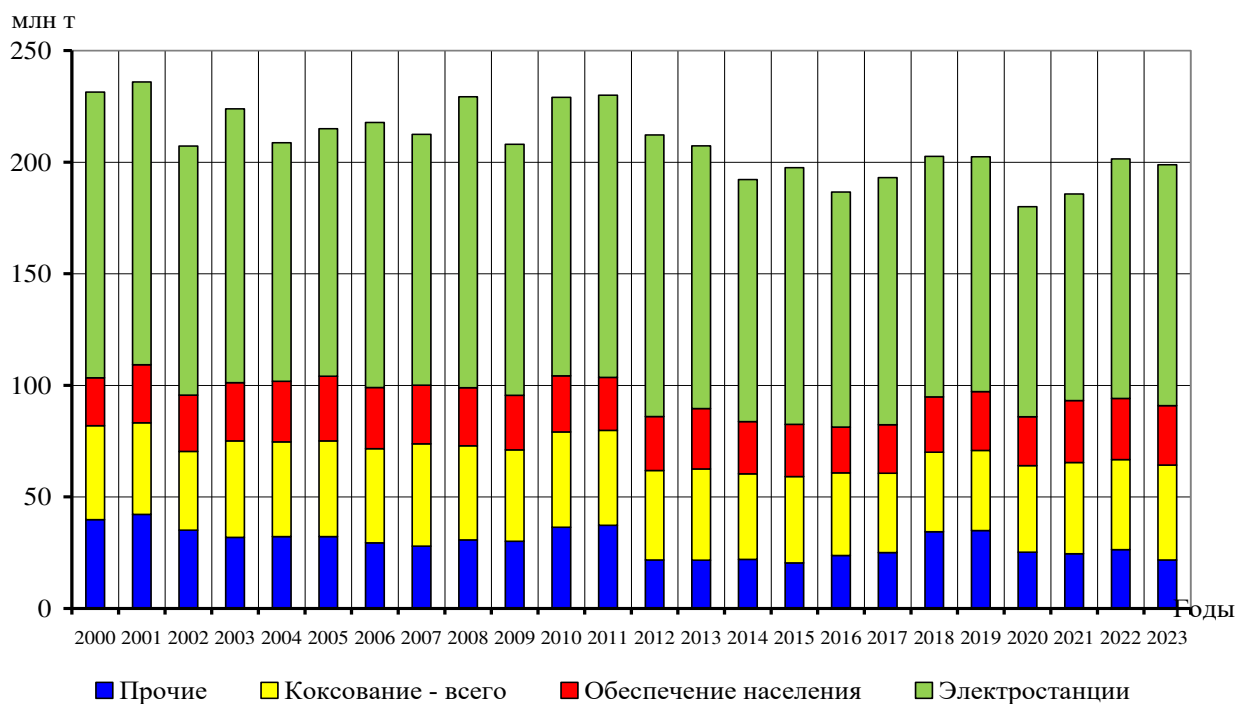
Поставки угля по направлениям отгрузки (без экспорта и без импорта угля) в период с 2000 по 2023 гг. показаны на рисунке 10.



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 10 – Поставки угля по направлениям отгрузки (без экспорта и без импорта угля) в период с 2000 по 2023 гг.

Поставки угля по направлениям отгрузки (без экспорта, но с импортом угля) в период с 2000 по 2023 гг. показаны на рисунке 11.



Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 11 – Поставки угля по направлениям отгрузки (без экспорта, но с импортом угля) в период с 2000 по 2023 гг.

В 2023 г. на экспорт отправлено, по данным угледобывающих компаний, 202,7 млн т угля (+ 0,5% к уровню 2022 г.). Почти весь поставляемый уголь на экспорт – энергетический, однако его доля в общем объеме экспорта угля в 2023 г. снизилась до 85% по сравнению с 87,6 % в 2010 г.

Возможности роста внутреннего потребления угля в РФ практически исчерпаны, как видно на рисунках 9 – 11. Кроме того, газификация регионов России предусматривает активный переход котельных с угля на природный газ.

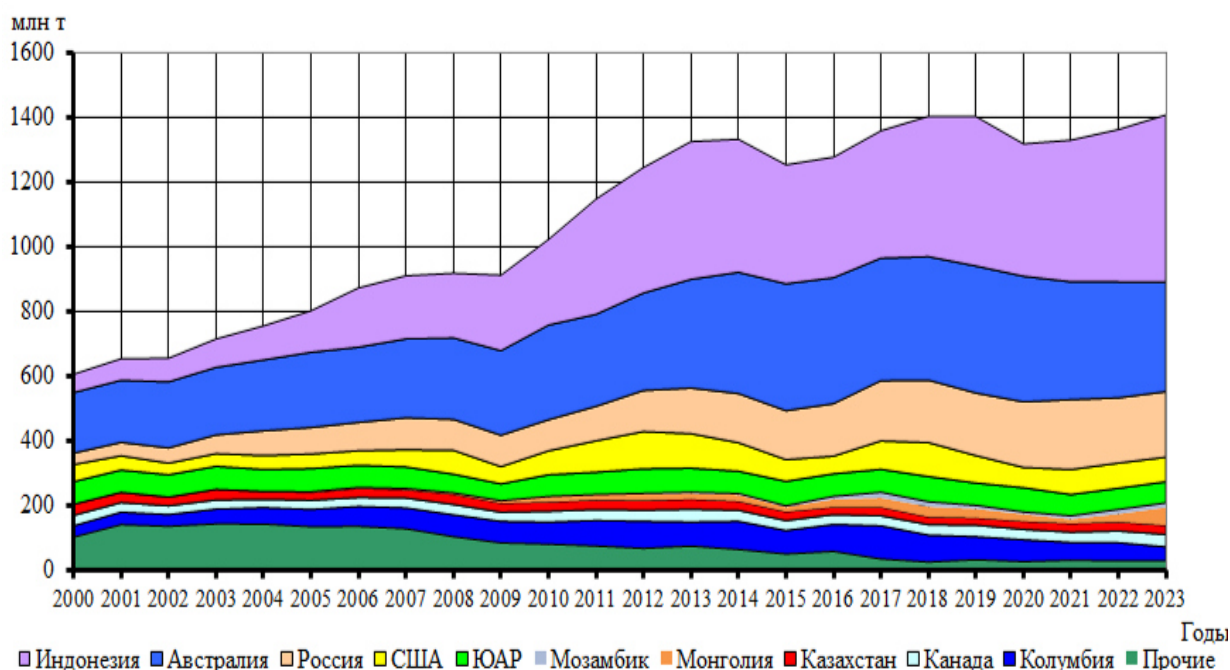
Тем не менее, можно шире использовать уголь не только для получения электроэнергии, тепла и прочих традиционных направлений его применения. Из него можно получать гуминовые препараты, которые используются в сельском хозяйстве в качестве минеральных удобрений, почвоулучшающих средств и стимуляторов роста сельскохозяйственных растений, мембраны, продукты углехимии и прочие продукты глубокой переработки угля.

Рассмотрим более подробно экспорт угля в мире и России.

4. Основные тенденции развития экспорта угля в мире и России в период 2000-2023 гг.

4.1 Оценка экспортного потенциала основных угледобывающих стран мира

Экспорт угля, включая коксующийся и энергетический, в 2023 г. в мире составил 1,41 млрд т (рисунок 12).



Источники: IEA, ИНЭИ РАН, данные угольных компаний РФ

Рисунок 12 – Развитие экспорта угля в мире в период 2000-2023 гг.

Доли основных стран – экспортеров угля по итогам 2023 г.: Индонезия – 36,7%, Австралия – 24,0%, Россия – 14,4% (3-е место в мире), США – 5,4%, ЮАР – 4,6%, Монголия – 3,9%, Колумбия – 3,1%, Канада – 2,7%, Казахстан – 2,0%.

Индонезия в 2023 г. экспортировала более 517,4 млн т угля (в 9,1 раза больше, чем в 2000 г. и на 9,9% выше уровня 2022 г.), что является новым мировым рекордом.

Австралия в 2023 г. поставила на экспорт 338,4 млн т угля (в 1,8 раза больше, чем в 2000 г., но на 5,8% меньше, чем в 2022 г.).

США в 2023 г. экспортировали 75,7 млн т угля (в 1,4 раза больше, чем в 2000 г., но на 2,9% меньше, чем в 2022 г.).

ЮАР экспортировала в 2023 г. 65,6 млн т угля (на 6,2% меньше уровня 2000 г., на 0,2% больше, чем в 2022 г.).

В 2023 г. на мировой угольный рынок активно вышла Монголия, поставив 54,8 млн тонн угля (в 2,3 раза больше, чем в 2022 г.).

Колумбия поставила на экспорт в 2023 г. 43,2 млн т угля (в 1,2 раза выше уровня 2000 г., но на 23,2% меньше, чем в 2022 г.).

Стабильно поставляет уголь на экспорт *Канада*: в 2023 г. – 38,5 млн т (в 1,2 раза выше, чем в 2000 г., на 6,3% больше, чем в 2022 г.).

Поставки угля на экспорт из *Казахстана* в 2023 г. сократились до 28,4 млн т (на 17,2% ниже, чем в 2000 г., но столько же, как и в 2022 г.).

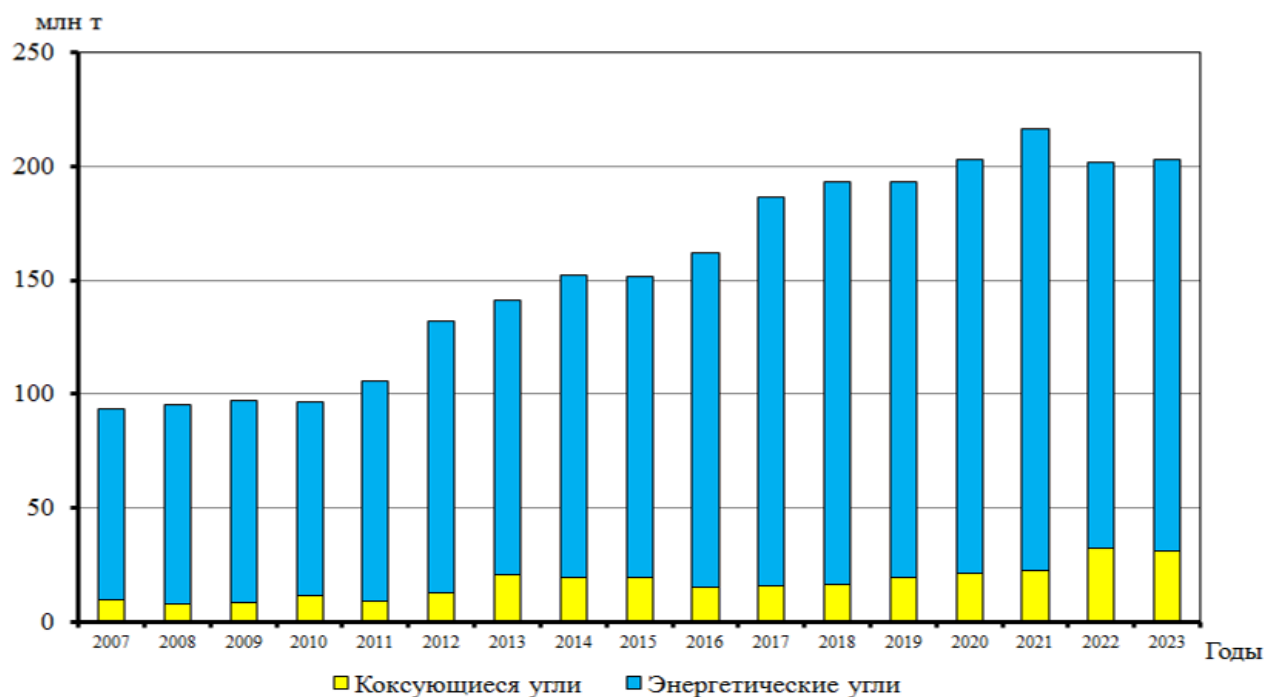
После вступления в силу эмбарго на закупки российского угля (с 1 августа 2022 г.) наблюдается рост спроса на уголь в Европе. Объясняется это отказом от закупок российского угля и газа, а также ростом цен на американский СПГ.

4.2 Российский угольный экспорт – возможности регионов, оценка переориентации его поставок

Экспорт *российского угля* в 2023 г. составил 202,7 млн т (по данным угольных компаний), что в 4,9 раза выше уровня 2000 г., но на 1,1% меньше, чем в 2022 г.

Российские экспортеры угля смогли сохранить, либо увеличить свою долю рынка в направлениях, на которые не распространяется действие санкций, включая Китай, Индию, Турцию, Малайзию и др.

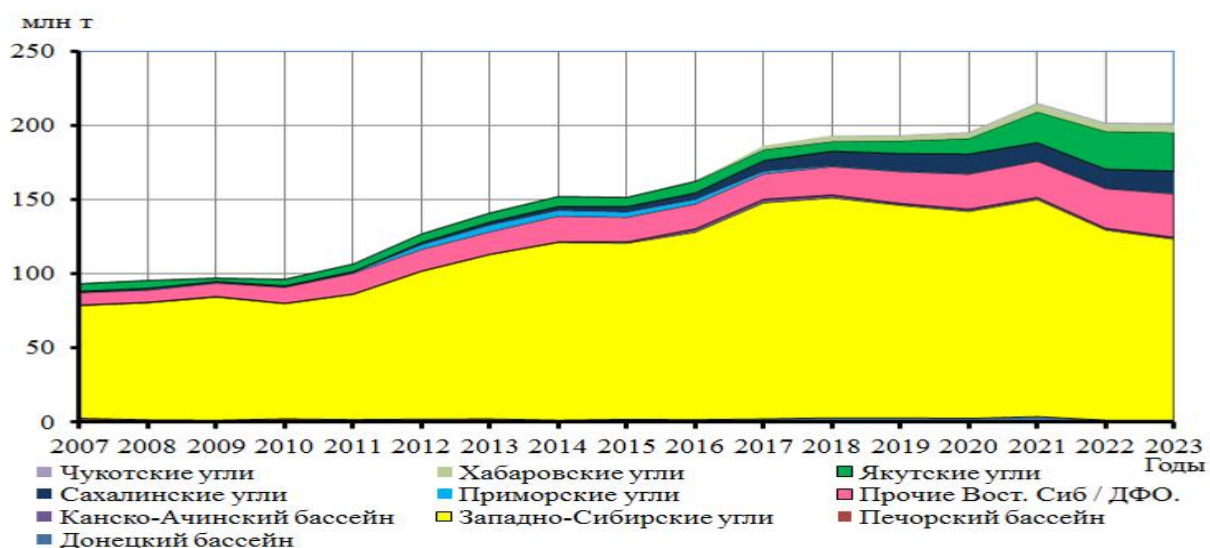
Экспорт всего российского угля, включая коксующийся и энергетический в период 2007-2023 гг. показан на рисунке 13.



Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 13 – Развитие экспорта российского угля, включая коксующийся и энергетический в период 2007-2023 гг.

На экспорт поставляются, в основном, Западно-Сибирские угли, Прочие угли Восточной Сибири, Дальневосточные угли и другие (рисунок 14).

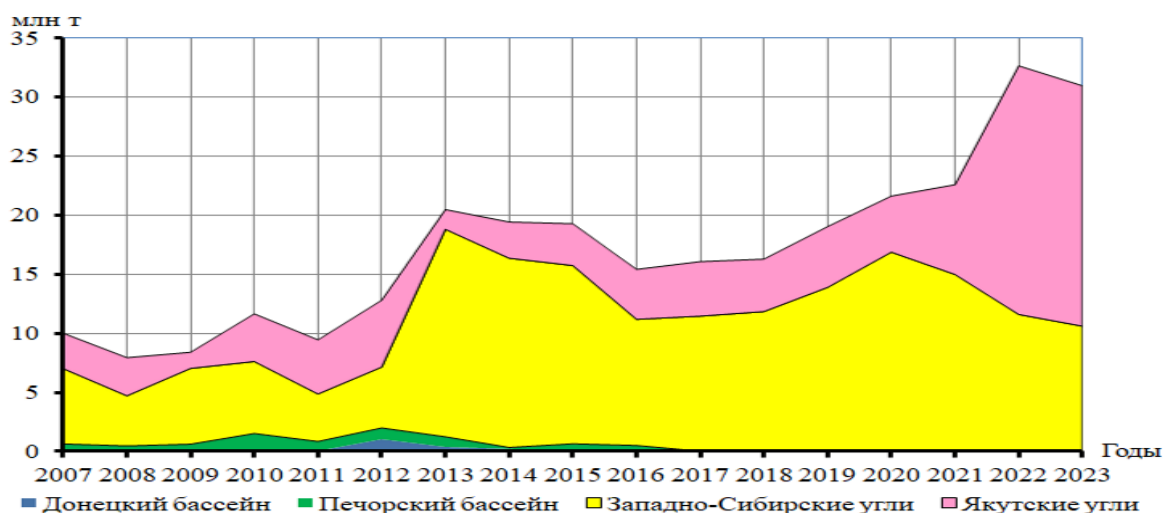


Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 14 – Основные бассейны и месторождения России, поставляющие угли на экспорт в период 2007-2023 гг.

Несмотря на то, что в целом экспорт всего российского угля в 2023 г. вырос на 0,5% по сравнению с уровнем 2022 г. (до 202,7 млн т), экспортные поставки коксующихся углей упали на 4,5%, до 1,2 млн т.

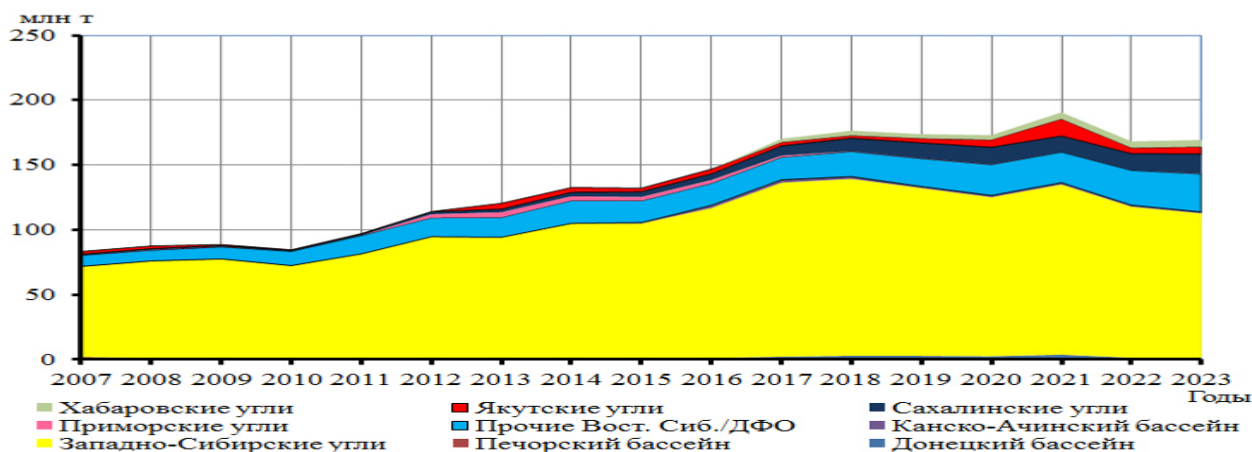
Экспорт коксующегося российского угля показан на рисунке 15.



Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 15 – Основные бассейны и месторождения России, из которых поставлен на экспорт коксующийся уголь в период 2007-2023 гг.

Экспорт энергетического российского угля показан на рисунке 16.

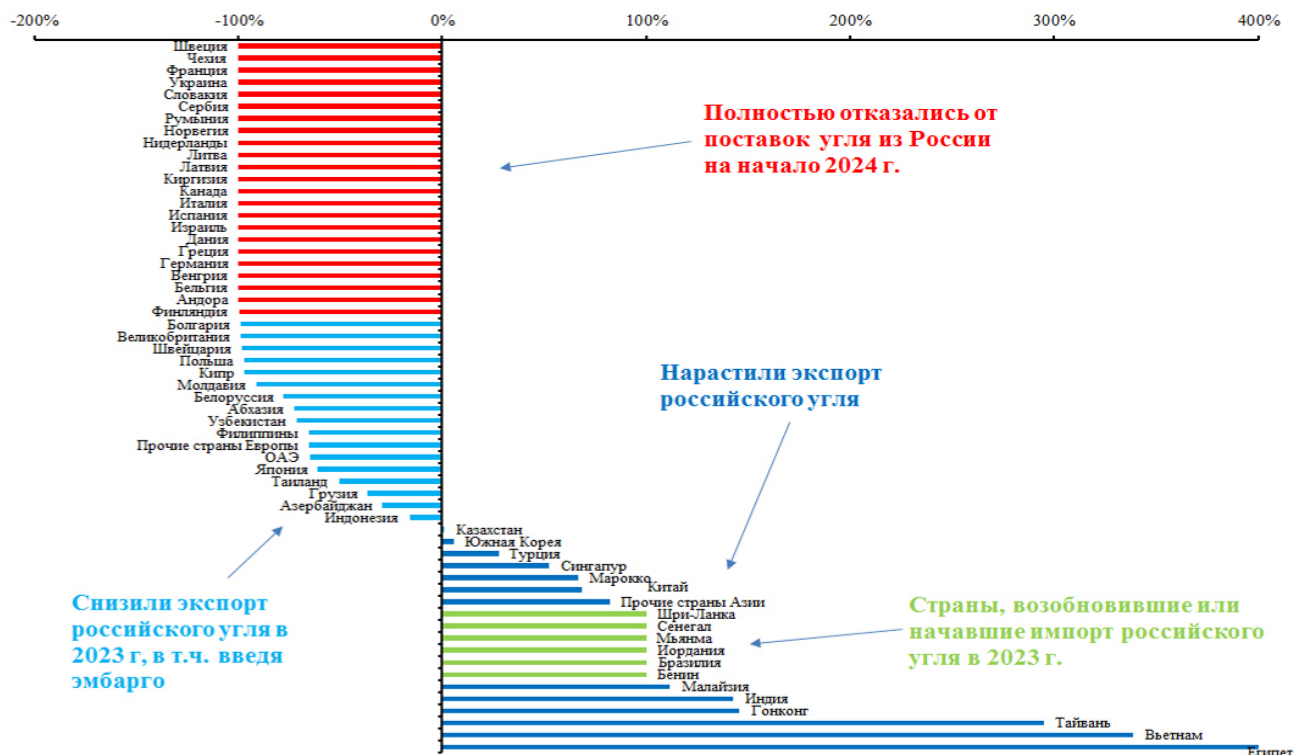


Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 16 – Основные бассейны и месторождения России, из которых поставлен на экспорт энергетический уголь в период 2007-2023 гг.

При этом стал формироваться устойчивый тренд пространственного развития отрасли: производство энергетических углей стало «уходить» из европейских и некоторых восточных регионов страны и всё больше концентрироваться в Кузнецком бассейне. Коксующиеся же угли приняли вектор «движения» в сторону восточных границ России, все в большей мере приближаясь к азиатским рынкам [4].

Изменение поставок российского угля на экспорт в основные страны мира в 2023 г. по сравнению с уровнем 2022 г. показано на рисунке 18.

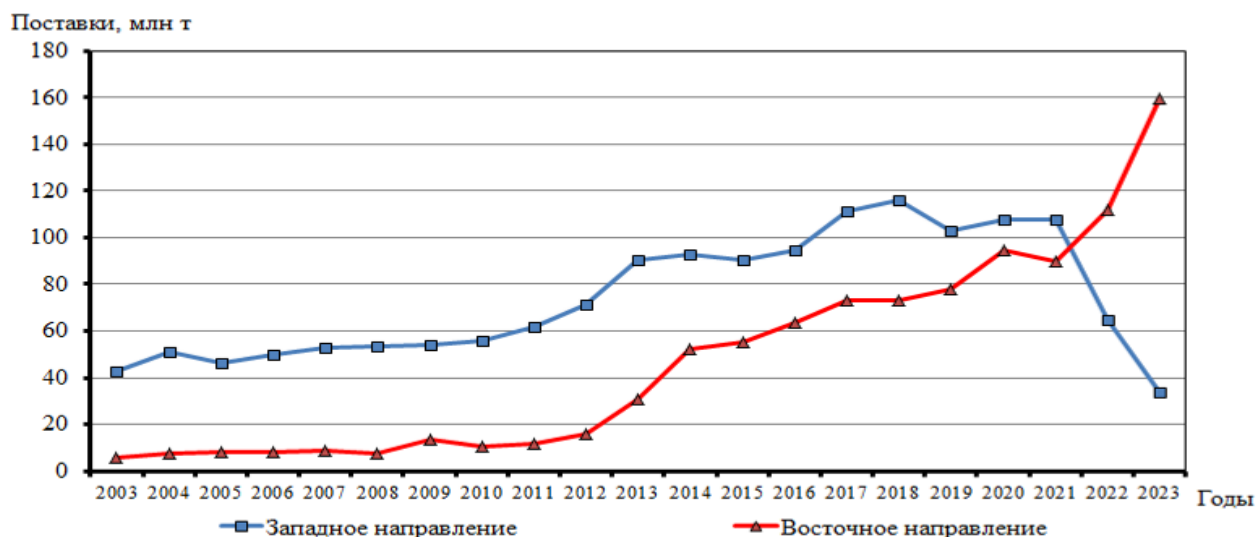


Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 18 – Изменение поставок российского угля на экспорт в основные страны мира в 2023 г. по сравнению с уровнем 2022 г.

Доля поставок российского угля в Европу в 2023 г. составила 17,1% от всего мирового экспорта угля (на 53% меньше уровня 2022 г.), из них в ЕС – 0,2% или 0,3 млн т (в 2022 г. – 10,4% или 21,1 млн т). Доля поставок угля в Азию в 2023 г. составила 81,6% (в 2022 г. – 63,1%), Африку – 1,0% (в 2022 г. – 0,4%), Латинскую Америку – 0,3%.

В настоящее время в мире сложилось два крупных направления поставок угля – западное (страны ЕС, Украина и Белоруссия) и восточное (азиатское) (рисунок 17).



Источники: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 17 – Развитие экспорта российского угля в западном и восточном направлениях в период 2003-2023 гг.

В последние годы темпы роста поставок угля в Восточном направлении росли более высокими темпами, а в западном направлении стали снижаться из-за переориентации стран ЕС на газ и ВИЭ.

Из-за достаточного объема предложения на мировом рынке, а также в ожидании дальнейшего ослабления ценовых котировок потребители угля снизили торговую активность. К тому же санкции и наметившаяся тенденция по остановке деятельности российских угольных шахт и разрезов, наряду с логистическими ограничениями, оказали свое негативное влияние на объемы добычи и экспорта угля.

Поставки российского угля в январе-сентябре 2024 г. сократились: в Китай – на 9,5% (до 53,7 млн т), в Индию – на 23% (до 20,1 млн т), в Турцию – на 35% (до 15,3 млн т), в Южную Корею – в 1,6 раза (до 5 млн т), в Японию – в 9,3 раза (до 385,6 тыс. т), в ОАЭ – на 20% (до 3,1 млн т).

Незначительно возрос экспорт угля во Вьетнам (в 4,7 раза, до 1,1 млн т), Гонконг (на 10%, до 3,1 млн т), Беларусь (в 17 раз, до 5,7 млн т), Казахстан (на 33%, до 5,7 млн т) и Абхазию (в 3,4 раза, до 78 тыс. т). Но в количественном отношении эти поставки не смог-

ли удержать общее падение экспорта российского угля в январе-сентябре 2024 г. на 14% по сравнению с аналогичным периодом 2023 г.

Возможность переориентации поставок российского угля с Запада на Восток ограничена тем, что в странах АТР, наряду с вводом новых угольных мощностей в ближайшее время, планируется весьма активное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ), строятся ветровые (ВЭС) и солнечные электростанции (СЭС), принимаются национальные водородные стратегии. Кроме того, следует учитывать и ввод эмбарго на поставку угля в страны ЕС, и отказ многих стран Азии от поставок российского угля.

В 2024 г. крупнейшие российские угольные компании вступили в конфликт с руководством терминала ОТЭКО в Тамани на Черном море, через который ведется перевалка топлива на экспорт. Они потребовали снизить тарифы, потому что текущие ставки приводят к убыткам от экспорта. Использовать западные порты угольщикам приходится из-за перегруженности Восточного полигона (Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей).

Ситуация еще ухудшилась из-за сокращения квот на вывоз угля. Они снизились с 111 млн т в 2023 г. до 100 млн т.

Этому способствовали также и определенные действия Правительства России по применению пошлин для экспорта угля. Так, с 1 марта 2024 г. они были вновь возвращены в хозяйственную практику угольных компаний.

При этом в начале мая 2024 г. из-за ухудшения состояния отрасли экспортные пошлины на энергетический уголь и антрацит (на период с 1 мая по 31 августа 2024 г.), с целью поддержки предприятий, были отменены. В конце августа 2024 г. отмена пошлины была продлена еще до 28 февраля 2025 г.

Позже Правительством России были определены условия вывода из-под действия экспортных пошлин и для бурого угля. В соответствии с ними пошлина на этот вид угля не будет взиматься, если в календарном месяце среднее значение фактической экспортной цены на него не превышает 63 дол. США за тонну.

Для коксующихся углей предполагалось, что курсовая экспортная пошлина будет действовать до конца 2024 г.

Такая ситуация способствовала временным остановкам отгрузок через западные порты и, соответственно, падению объемов экспорта угля.

Кроме вышеприведенного на экспорт российского энергетического угля повлияло еще и ряд других сопутствующих проблем:

- падение мировых цен на уголь;
- увеличение расходов на транспортировку угля;

- вероятное сокращение внешнего спроса на уголь;
- нерешенные задачи по импортозамещению горного оборудования и др.

В связи с непоследовательными действиями государственного регулятора и комплексом нарастающих проблем угольная отрасль России стала убыточной, а многие угледобывающие предприятия оказались на грани банкротства.

Убыток угольной отрасли до налогообложения в настоящее время, по мнению экспертов, оценивается величиной в 34 млрд руб. против 783 млрд руб. и 357 млрд руб. прибыли, соответственно, в 2022 и 2023 гг.

По оценкам аналитиков, в период 2022-2024 гг. общая сумма изъятия финансовых средств из отрасли за счет введенных налогов и тарифов составила 500 млрд руб., из которых 300 млрд руб. были направлены на отмену «понижающих» коэффициентов в тарифе ОАО «РЖД». Введение экспортной пошлины привело к дополнительной нагрузке в 75 млрд руб.

Кроме того, негативный эффект (в размере 50 млрд руб.) оказало также введение импортной пошлины со стороны КНР.

Вместе с тем Минэнерго России разработало антикризисные меры по «смягчению» сложившейся ситуации, включающие: возобновление действия «понижающих» коэффициентов в тарифе РЖД для экспорта угля; предоставление скидок в 12,8% при отправке груза в направлении портов северо-запада и юга; обеспечение индексации железнодорожного тарифа на 2025 год для угля на уровне «инфляция минус 0,1%»; отмену курсовых экспортных пошлин после введения повышающих коэффициентов к НДС; продление на 2025 год соглашения по вывозу угля из Кузбасса, Хакасии, Бурятии, Тувы, Якутии, Иркутской области, а также заключение аналогичного соглашения по вывозу угля из Новосибирской области в порты северо-запада в объеме около 20 млн т.

С целью оценки экспортного потенциала угольной отрасли, реализуемого в долгосрочном периоде, необходимо проведение анализа состояния экспортных возможностей стран, являющихся конкурентами России в поставках коксующегося и энергетического угля на мировые рынки.

4.3 Экспорт коксующегося угля в основных угледобывающих странах мира

Экспорт коксующегося угля в мире в 2023 г. – 326,3 млн т (рисунок 19).

На I месте по экспорту коксующегося угля – Австралия (доля – 48,7%);

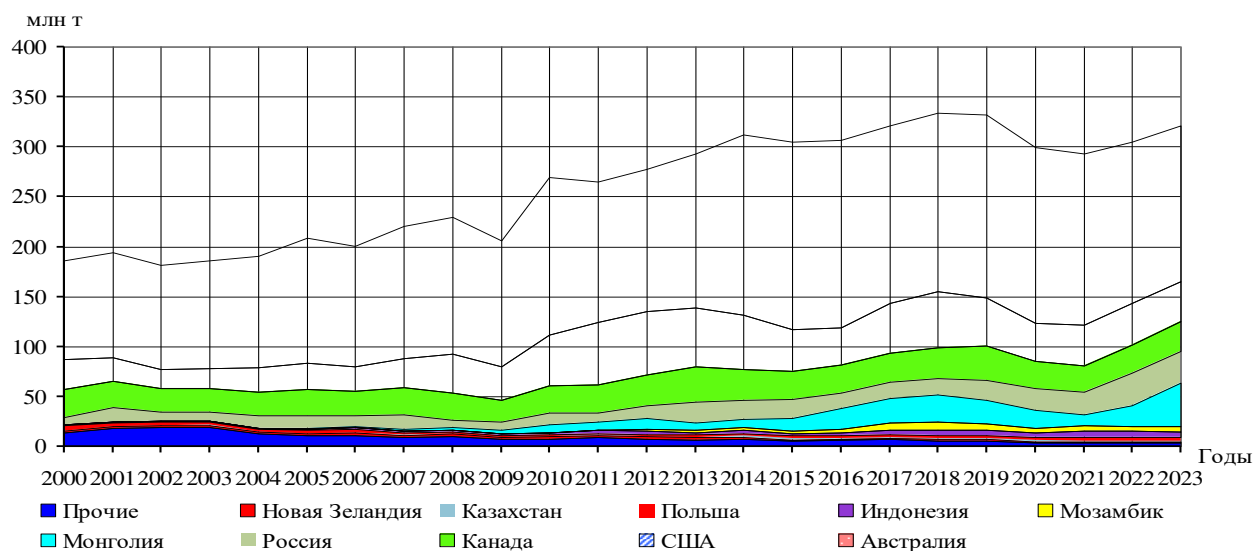
на II месте – Монголия (доля – 13,8%);

на III месте – США (доля – 12,2%);

на IV месте – Россия (доля – 9,7%);

на V месте – Канада (доля – 9,5%);

на VI и VII местах – Индонезия и Мозамбик (доля – 1,9% и 1,5%).



Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Рисунок 19 – Экспорт коксующегося угля в основных угледобывающих странах мира в период 2000-2023 гг.

Россия в 2023 г. экспортировала 31,2 млн т коксующегося угля (на 4,6% меньше, чем в 2022 г.).

С января по сентябрь 2024 г. поставки коксующегося угля на экспорт выросли на 3% по сравнению с аналогичным периодом 2023 г., до 24,3 млн т.

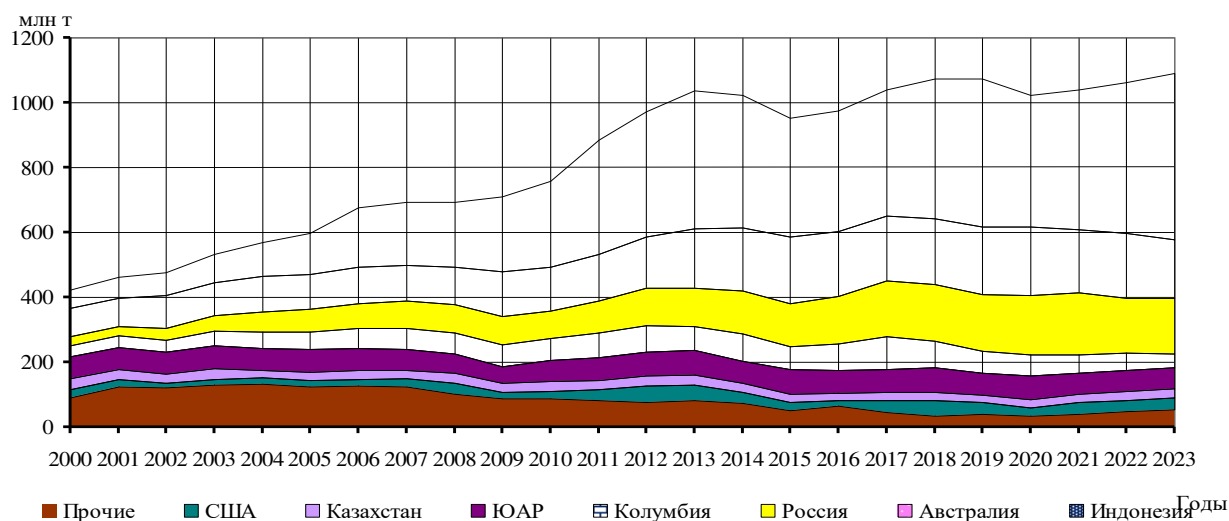
Китай ввел пошлины на ввоз российского коксующегося угля в размере 3%. При этом в последние годы экспорт монгольского угля сильно вырос, как и поставки его в Китай, которые в период с 2000 по 2023 гг. возросли в 2,4 раза, до 44,2 млн т.

По прогнозам МЭА, в ближайшие годы этот восходящий тренд продолжится. Основное месторождение в Монголии – каменноугольное Таван-Толгой. Однако для его полного освоения необходимо строительство железнодорожной дороги длиной 400 км и электростанции.

Тем не менее, Австралия, Монголия, Канада, Индонезия и Мозамбик останутся основными конкурентами российским компаниям-экспортерам коксующегося угля.

4.4 Экспорт энергетического угля в основных угледобывающих странах мира

Экспорт энергетического угля в мире в 2023 г. – 1,09 млрд т. (+2,7% к 2022 г.) (рисунок 20).



Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Рисунок 20 – Экспорт энергетического угля в основных странах мира в 2000-2023 гг.

На I месте по экспорту энергетического угля – Индонезия (доля – 46,9%);

на II месте – Австралия (доля – 16,7%);

на III месте – Россия (доля – 15,7%);

на IV месте – ЮАР (доля – 5,9%);

на V месте – Колумбия (доля – 3,8%);

на VI месте – США (доля – 3,4%);

на VII месте – Казахстан (доля – 2,5%).

За 9 месяцев 2024 г. поставки энергетического угля на экспорт сократились на 17% по сравнению с аналогичным периодом 2023 г., до 108,3 млн т.

По прогнозу МЭА, экспорт энергетического угля из России в 2025 г. может составить около 150 млн т.

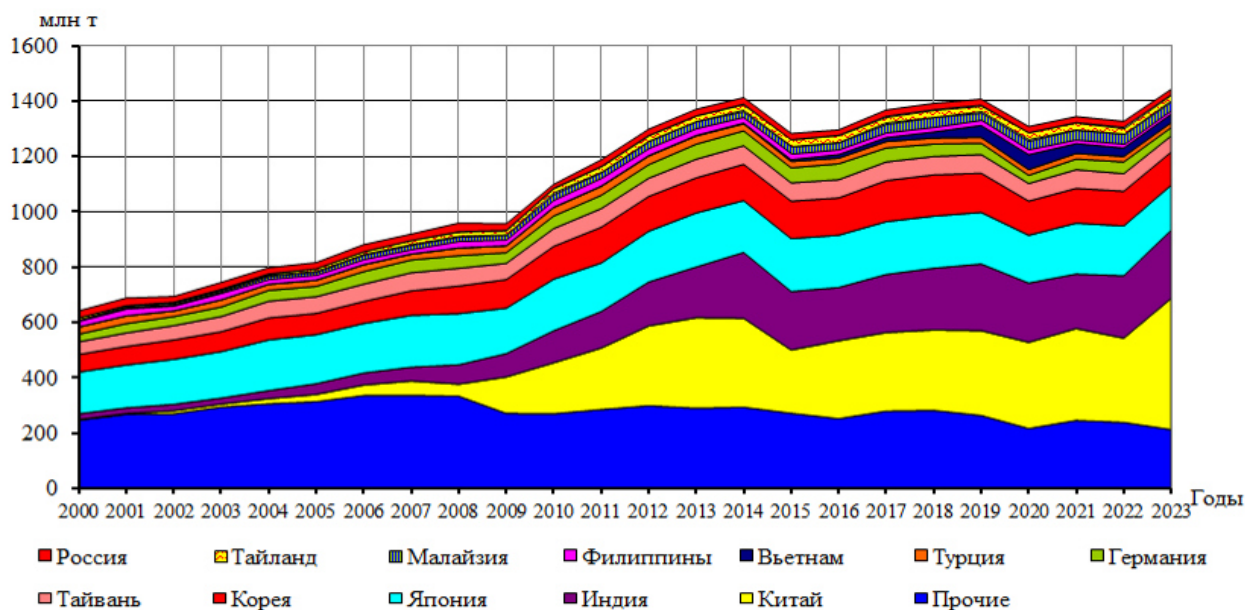
Следует отметить, что в структуре европейского импорта энергетического угля наибольшую часть вышедших российских объемов после введения эмбарго ЕС восполнили поставки из США, Колумбии и ЮАР, которые совместно с Австралией являются основными конкурентами российским компаниям-экспортерам энергетического угля.

Рассмотрим более подробно импортные поставки угля.

5. Действующие тренды и анализ структуры поставок угля основным мировым углеимпортерам

5.1 Оценка потенциала поставок угля основным мировым углеимпортерам

Импорт угля в мире в 2023 г. составил около 1,48 млрд т (в 2,4 раза больше, чем в 2000 г., на 8,9% выше уровня 2022 г.) (рисунок 21).



Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Рисунок 21 – Импорт угля основными странами мира в период 2000-2023 гг.

Основные страны - импортеры угля по итогам 2023 г.:

- * Китай – 474,5 млн т (доля в общемировом объеме импортируемого угля – 32,1%),
- * Индия – 246,5 млн т (16,7%);
- * Япония – 162,9млн т (11,0%);
- * Южная Корея – 119,5 млн т (8,1%);
- * Тайвань – 58,0 млн (3,9%);
- * Турция – 40,2 (2,7%);
- * Малайзия – 32,9 млн т (2,2%);
- * Филиппины - 31,6 млн т (2,1%);
- * Вьетнам – 30,4 млн т (2,1%);
- * Германия – 30,3 млн т (3,1%);
- * Таиланд – 18,8 млн т (1,3%);
- * Россия – 18,0 млн т (1,2%).

КНР в 2023 г. импортировала 474,5 млн т угля (в 2,2 раза больше, чем в 2000 г., но в 1,5 раза больше уровня 2022 г.). Крупнейшими поставщиками угля в КНР являются: Индонезия, Монголия, Австралия. При этом поставки российского угля в Китай в 2023 г. составили 76,3 млн т или 16,1% от общего импорта угля Китаем. По сравнению с уровнем 2022 г. российские поставки угля в КНР в 2023 г. возросли на 68,6%. Россия стала вторым импортером угля в КНР, хотя поставки угля, как в Китай, так и в Индию осуществлялись с дисконтом около 50%.

Объем импорта угля в Китай за 9 месяцев 2024 г. вырос на 12,1%, до 390 млн т. Основным поставщиком угля в КНР стала *Индонезия*, на которую пришлось около 90% от всех китайских закупок угля в этот период. Объем поставок угля из России в Китай за 9 месяцев 2024 г. упал на 10,2% в годовом исчислении, до 71,42 млн т.

Индия в 2023 г. импортировала 246 млн т угля (в 11,8 раза больше, чем в 2000 г., и на 0,9% больше уровня 2022 г.), из которых Россия поставила 33,1 млн т угля (в 2,4 раза больше угля, чем в 2022 г.). При этом доля российских поставок угля в Индию в 2023 г. составила 13,4% от общего объема индийского импорта угля (в 2022 г. – 7%).

Следует отметить, что еще в ноябре 2022 г. Индия восстановила пошлины на импорт коксующегося угля и антрацита – 2,5%, пошлины на ввоз кокса и полукокса – до 5%.

Для обеспечения энергетической безопасности руководство Индии решило прекратить импортировать уголь в 2024-2025 финансовому году (который начался в апреле 2024 г.) и увеличить его производство в собственной стране.

Тем не менее, за 9 месяцев 2024 г. Индия приобрела на мировом рынке 137,8 млн т угля, что на 12% больше, чем годом ранее. Россия в списке поставщиков угля занимает IV место, уступая Индонезии, ЮАР и США, но опережая Австралию, Мозамбик и Колумбию. Однако за этот период ее доля в импорте угля упала с 7% до 3%. В целом импорт российского угля в Индию в 2024 г. может составить около 18-20 млн т угля.

К 2030 г. потребности внутреннего рынка Индии могут возрасти до 1,5 млрд т. Однако, в соответствии с *государственной программой «Самодостаточная Индия»*, в стране будут введены новые шахты, а также увеличено производство угля на уже имеющихся индийских угольных предприятиях.

Япония в 2023 г. увеличила свои импортные поставки угля до 162,9 млн т (+ 8% к уровню 2000 г., но на 9,3% меньше, чем в 2022 г.), из которых 3,3% – российский уголь.

Южная Корея нарастила импорт угля в 2023 г. до 119,5 млн т (в 1,9 раза по сравнению с уровнем 2000 г., но на 4,5% меньше, чем в 2022 г.), доля российских поставок – 8,4%.

Поставки импортного угля в *Тайвань* в 2023 г. увеличились до 28 млн т (+27,8% к уровню 2000 г., но на 8,2% меньше, чем в 2022 г.), из них 13,8% – из России.

В *Турцию* в 2023 г. было поставлено 40,2 млн т угля (в 3,1 раза больше, чем в 2000 г., на 6,8% выше уровня 2022 г.), из которых – 77,4% – российский уголь.

Германия в 2023 г. импортировала 30,3 млн т угля (+8,3% к уровню 2022 г., но на 28,4% меньше, чем в 2022 г.).

Малайзия в 2023 г. нарастила импортные поставки угля до 32,9 млн т (в 10,7 раз выше уровня 2000 г., на 1,7 раза больше, чем в 2022 г.), из них 4,2% – из России.

В *Филиппины* в 2023 г. было поставлено 31,6 млн т угля (в 4,6 раза больше, чем в 2000 г., но на 3,3% меньше уровня 2022 г.).

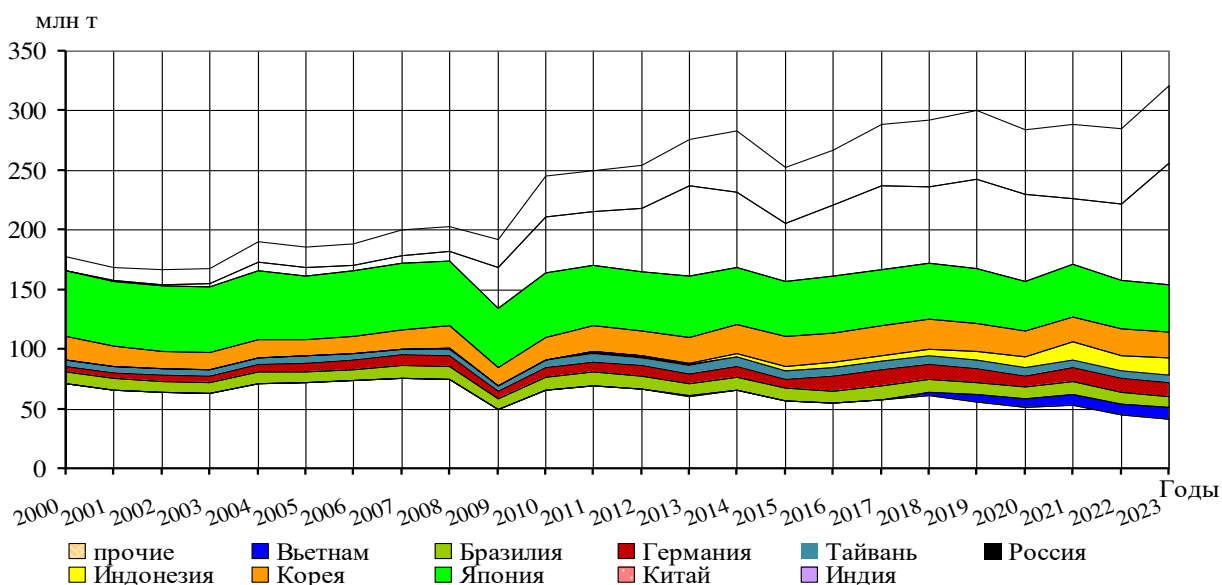
Вьетнам в 2023 г. импортировал 30,4 млн т угля (на 1,2% меньше, чем в 2022 г.), из которых только 1,2% – из России. По данным *MoIT*, Вьетнам может импортировать около 50-83 млн т/год угля в период с 2025 г. по 2035 г., при этом объем его постепенно может снизиться, примерно, до 32 – 35 млн т к 2045 г.

В *Таиланд* в 2023 г. было поставлено 18,8 млн т угля (в 5,1 раза больше, чем в 2000 г., но на 16.1% меньше, чем в 2022 г.), из которых 4,1% – из России.

В 2023 г. *Россия* импортировала 18,0 млн т (1,2%) угля. Почти все они были поставлены из Казахстана. Замещение казахских энергетических углей возможно только в случае модернизации оборудования угольных блоков российских электростанций преимущественно Урала в расчете на сжигание кузнецких углей.

5.2 Поставки коксующегося угля основным странам-углеимпортерам

Импорт коксующегося угля в мире в 2023 г. составил 321,6 млн т, что на 81,4% больше, чем в 2000 г. и на 12,8% выше уровня 2022 г. (рисунок 22).



Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Рисунок 22 – Импорт коксующегося угля основными странами мира в 2000-2023 гг.

Основные страны - импортеры коксующегося угля по итогам 2023 г.:

Китай – 102,5 млн т (доля в общемировом объеме импортируемого угля – 31,9%), *Индия* – 64,9 млн т (20,2%), *Япония* – 39,2 млн т (12,2%), *Южная Корея* – 22,2 млн т (6,9%), *Индонезия* – 14,5 млн т (4,5 %), *Германия* – 11,5 млн т (3,6%), *Бразилия* – 9,5 млн т (3,0%), *Вьетнам* – 9,5 млн т (3,0%), *Тайвань* – 5,9 млн т (1,8%).

Россия в 2023 г. импортировала 0,2 млн т коксующегося угля

В настоящее время импорт коксующегося угля Индии удовлетворяет около 85% годовых потребностей страны, составляющих около 50-55 млн т.

Австралия, основной поставщик коксующегося угля в Индию, в истекшем финансовом 2023 г. (закончился в конце марта 2024 г.) сократила его поставки до 40,4 млн т против 42,2 млн т в предыдущем году, ее доля в общем индийском импорте этого вида угля составила 55%.

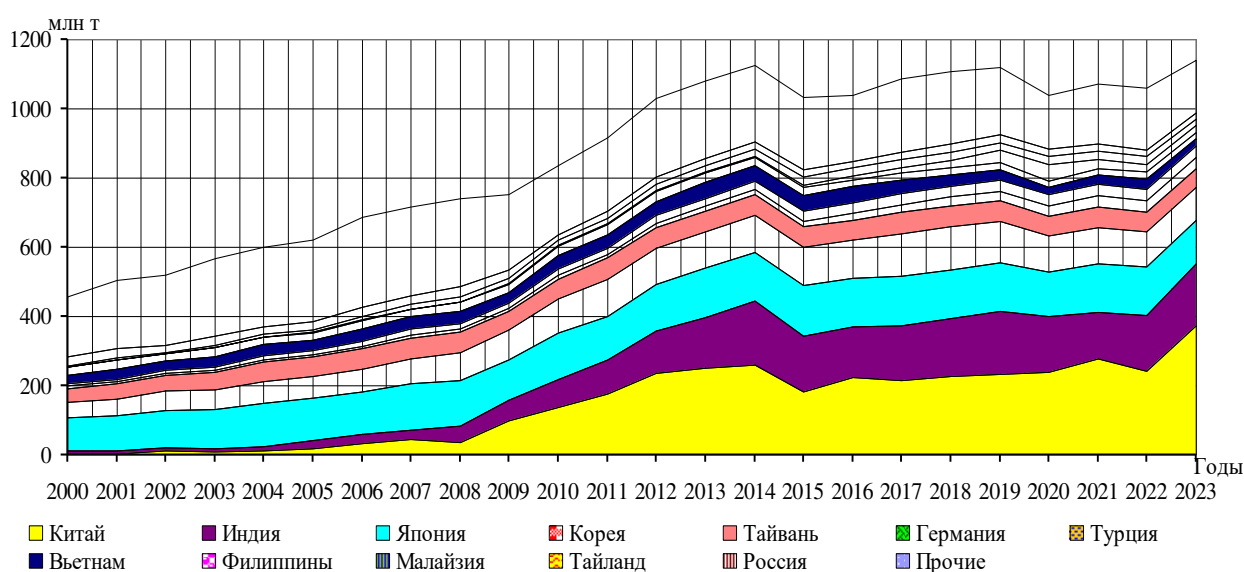
Россия в 2023 финансовом году увеличила поставки коксующегося угля в *Индию* в 8 раз по сравнению с 2022 г., до 3,6 млн тонн, и вошла в тройку его крупнейших поставщиков после Австралии и США. В марте-мае 2024 г. поставки коксующегося угля, антрацита и пылевидного угля (PCI) из России для нужд металлургической промышленности Индии выросли на 44%.

Китай в 2023 г. в целом снизил импорт коксующегося угля на 22%, до 50 млн т. Это связано как с сокращением производства в китайской сталелитейной промышленности, так и с общим снижением темпов роста китайской экономики. При этом поставки российского коксующегося угля упали на 19,3% по сравнению с уровнем 2022 г.

Следует отметить, что в 2024 г. Китай вернул 3% пошлины на российский коксующийся уголь и 6% –пошлины на российский энергетический уголь и антрацит.

5.3 Поставки энергетического угля основным странам-углеимпортерам

Импорт энергетического угля основными странами мира в 2023 г. составил 1,15 млрд тонн, что в 2,7 раза больше, чем в 2000 г. и на 7,9 млн т выше уровня 2022 г. (рисунок 23).



Источники: МЭА, ИНЭИ РАН

Рисунок 23 – Импорт энергетического угля основными странами мира в 2000-2023 гг.

Основные страны-импортеры энергетического угля по итогам 2023 г.: *Китай* – 372,0 млн т (доля в общемировом объеме импортируемого угля – 32,2%), *Индия* – 181,6 млн т (15,7%), *Япония* – 123,7 млн т (10,7%), *Южная Корея* – 97,2 млн т (8,4%), *Тайвань* – 52,1 млн т (4,5%), *Турция* – 35,7 млн т (3,1%), *Филиппины* – 32,9 млн т (2,9%), *Германия* – 31,6 млн т (2,7%), *Россия* – 17,8 млн т (1,5%).

На долю Кита и Индии в 2023 г. пришлось 47,9 млн т всех поставок импортного энергетического угля.

Китай нарастил импорт энергетического угля в 2023 г. 1,54 раза по сравнению с уровнем 2022 г., до 372 млн т.

В 2022-2023 гг. существенно возросли поставки российского угля в Китай. Так, в 2023 г. поставки энергетического угля из России в Китай составили 66,7 млн т, что на 47,5% больше, чем в 2022 г. При этом Россия поставляла уголь в Китай и Индию с дисконтом, достигавшим 50% и более. Несмотря на такие большие дисконты, с целью достижения энергетической безопасности, Правительство КНР намерено сократить импорт угля. В связи с этим с 2024 г. Китай восстановил ввозные пошлины на российский коксующийся уголь и антрациты в размере 3% и на энергетический уголь – 6%.

Отмена тарифов, кроме России, затронет также поставщиков из Монголии, Канады и США. Это потребует от экспортеров снизить цены на уголь на такую же величину. Поэтому, страны АСЕАН и Австралия оказались в более выгодном положении из-за соглашения о свободной торговле с КНР, в рамках которого импортные пошлины не применяются. В то же время Китай вкладывает значительные инвестиции в атомную энергетику, возобновляемые источники энергии и собственную добычу угля, и ожидается, что эти меры ограничат импорт энергетического угля, в т.ч. и из России.

Индия остается значительным растущим рынком энергетического угля. В 2023 г. Индия импортировала 181,6 млн т энергетического угля (в 1,2 раза больше, чем в 2000 г. и на 11,7% выше уровня 2022 г.). При этом в 2022 г., учитывая более привлекательные цены, российский уголь вытеснил с индийского и китайского рынков около 6,6 млн т энергетического угля из США.

Тем не менее, ожидается, что в краткосрочной перспективе основными импортерами российского угля останутся Китай и Индия. Помимо этих стран российский уголь, скорее всего, будет поставляться в Турцию, страны Юго-Восточной Азии, Ближнего Востока и Африки.

В структуре европейского импорта энергетического угля наибольшую часть бывших российских объемов после введения эмбарго ЕС восполнили поставки угля из США, Колумбии и ЮАР.

Таким образом, на экспорт российского угля в Европу и Азию существенно влияет ряд угроз и вызовов, систематизация которых представлена и рассмотрена ниже.

6. Современные угрозы и вызовы, воздействующие на развитие угольной промышленности России

6.1 Систематизация основных угроз и вызовов, воздействующих на добычу и экспорт российского угля

Основные угрозы и вызовы формируются под воздействием геополитических, технологических, энергетических, экологических и других трансформаций, значительно обострившихся на современном этапе мирового развития [5].

Эти трансформации реализуются через постоянно изменяющуюся систему угроз и вызовов, влияющих на развитие многих секторов российской экономики, включая сектор угледобычи. Угрозы представляют собой намерения по нанесению конкретному субъекту значительного, в т.ч. материального ущерба. Адаптироваться к угрозам бесполезно, их необходимо нейтрализовать адекватным комплексом мер противодействия.

Вызовы же, в отличие от угроз, являются совокупностью обстоятельств, действующих безадресно на все субъекты экономики или ее конкретного сектора. Эти обстоятельства носят объективный характер, их обязательно надо учитывать при планировании работ и производственно-хозяйственной деятельности предприятий. Противостоять вызовам нецелесообразно, к ним следует адаптироваться.

Если угрозы порождают необходимость применения комплекса тактических мер противодействия, то вызовы, в силу своей специфики, определяют систему мер по адаптации стратегических секторов экономики к новым условиям долгосрочного развития. Так, для формирования долгосрочной стратегии угольной отрасли весьма важными являются такие вызовы, как ускорение технологического развития, энергопереход и смена традиционных источников энергии на альтернативные, декарбонизация экономики, обусловленная реализацией мировой «Климатической повестки» [6].

В соответствии с этим на базе использования методов интеллектуального моделирования и анализа современных информационно-аналитических материалов получена научно-обоснованная систематизация наиболее актуальных угроз и вызовов, влияющих на развитие угольной промышленности России (таблица 2).

Таблица 2 – Основные угрозы и вызовы, влияющие на развитие угольной промышленности России

Основные угрозы	Основные вызовы
Введение эмбарго стран ЕС и Великобритании на покупку, импорт или транзитные перевозки угля из России, а также запрет на предоставление услуг, связанных с углем, в т.ч. страхованием морских перевозок	Декарбонизация мировой экономики и намерения многих стран, включая Россию, обеспечить «нулевую» нейтральность в 2040 ÷ 2060 гг.
Высокая импортозависимость от поставок горнодобывающего оборудования на разрезах и шахтах России	Реализация мировой климатической повестки по сокращению выбросов углекислого газа
Ограничения доступности угольного бизнеса к международным заемным финансовым институтам и прекращение новых инвестиций в угольную отрасль России	Усиление тенденций сокращения мирового потребления угля, обусловленного глобальным энергопереходом и замещение угля в балансе традиционных ТЭР газом, солнечной и ветровой энергетикой
Блокировка внешнеторговых логистических каналов	Внедрение технологий производства и использования водорода для энергетических целей
Падение цен на уголь на мировых рынках	Расширение использования возобновляемых источников генерирования энергии и более продуктивных ее накопителей и аккумуляторов
Установление ценовых ограничений на продажу энергоресурсов на внешних рынках	Успешное развитие технологий ядерной энергетики, в т.ч. малых ядерных установок, а также с применением ториевых реакторов
Ограничения доступности угольного бизнеса к международным заемным финансовым институтам	Высокие темпы реализации региональных программ газификации населения

Рассмотрим некоторые из этих угроз вызовов, влияющих на развитие угольной промышленности России.

6.2 Влияние эмбарго на угольную отрасль России

В соответствии с принятым 5-ым пакетом санкций стран ЕС и Великобритании с 10 августа 2022 г. вступило эмбарго этих стран (к ним присоединились еще Япония и Канада). Оно предусматривает запрет на покупку, импорт или транзитные перевозки угля из России, а также запрет на предоставление услуг, связанных с углем, в т.ч. страхованием морских перевозок, после чего:

– в страны ЕС, в основном, прекратились поставки российского угля, объем которых ранее составлял более 22% от всего экспорт топлива, и компенсация их недопоставок происходит из Казахстана, США, Колумбии, Индонезии и ЮАР. Поставки угля из США в страны ЕС возросли на 48%, до 30 млн т;

– наблюдается сильная волатильность цен на уголь: от роста до 400 дол./США и более, а затем падения – в начале июля 2023 г. – до 95 дол. США/т, а в марте 2024 г. экспортные цены на российский энергетический уголь упали до минимальных значений за

последние три года, причиной чего является низкий спрос на этот вид топлива в Индии и Китае;

- в некоторых российских компаниях произошло падение объемов добычи угля в связи с сокращением спроса со стороны европейских потребителей и некоторых азиатских стран, в связи с чем существует угроза их банкротства;

- крупнейшими импортерами российского угля в 2023 г. стали страны Азии – Китай (в 2023 г. было поставлено 36,7% от всего объема экспорта угля из РФ), а также Индия (15,9%), Турция (15%), Гонконг (6,0%), Южная Корея (4,8%); совокупная отгрузка российского угля в эти страны в 2023 г. составила 78,4%; при этом угольные компании оказались вынуждены продавать сырье с большими скидками к международным бенчмаркам;

- сократили импорт российского угля (не считая стран ЕС и Великобритании) следующие страны: Кипр (- 91,9%), Польша (- 97,2%), Филиппины (- 65,5%), Швейцария (- 98,2%), Япония (- 61,2%);

- возросли экспортные поставки российского угля в 2023 г. по сравнению с уровнем 2022 г. в: Египет (в 36 раз), Вьетнам (в 4,4 раза), Тайвань (в 3,9%), Малайзию (в 2,1 раза), Марокко (на 66,4%), Сингапур (на 52,6%);

- у российских углеэкспортеров появились также новые рынки сбыта своей продукции в 2023 г.: Бразилия, Иордания, Сенегал, Шри-Ланка, Бенин, Мьянма; однако объемы поставленного угля в эти страны – относительно невелики;

- к апрелю 2024 г. российский уголь стал убыточным при поставках на экспорт через порты юга и северо-востока, а идущий через терминалы Дальнего Востока – балансирует на грани рентабельности;

- возврат Правительством России с 1 марта 2024 г. курсовых пошлин для экспорта угля, привязанных к курсу валюты, и продление срока их действия до 28 февраля 2025 г. является дополнительной нагрузкой на российских углеэкспортеров и, скорее всего, приведет к сокращению их прибыли от экспорта. На этом фоне не исключаются временные остановки отгрузок через западные порты и, соответственно, падение объемов экспорта и добычи угля;

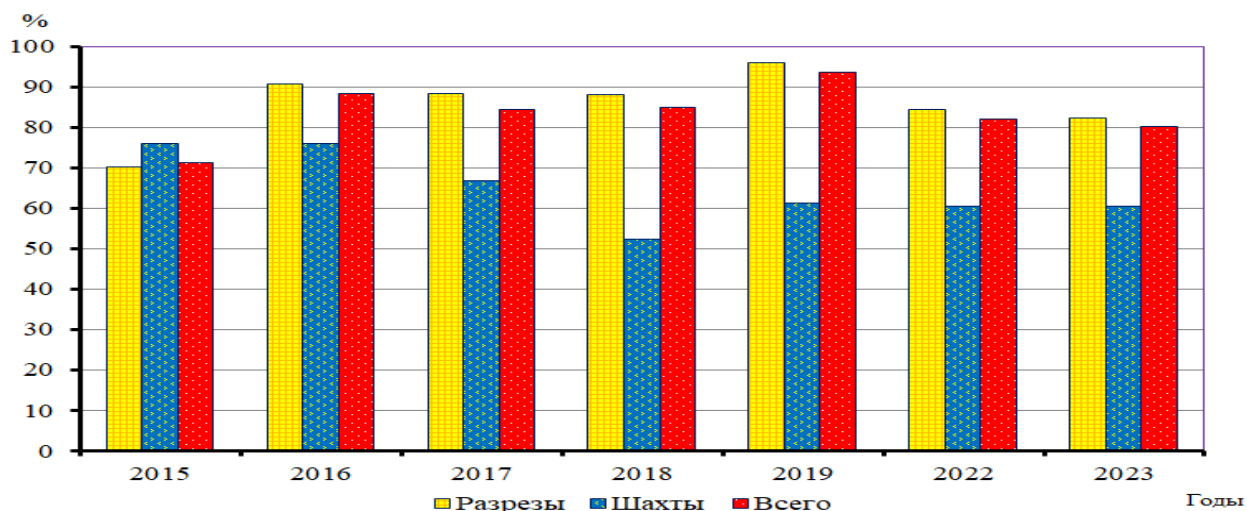
- при наличии значительной импортозависимости от поставок горного оборудования (по отдельным видам – до 90-100%) произошел запрет их поставок, включая и комплектующие к ним.

Рассмотрим более подробно зависимость российских предприятий угольной промышленности России от поставок импортного оборудования.

6.3 Оценка зависимости российских углепроизводителей от поставок импортного оборудования

6.3.1 Состояние импортозамещения на предприятиях угольной промышленности

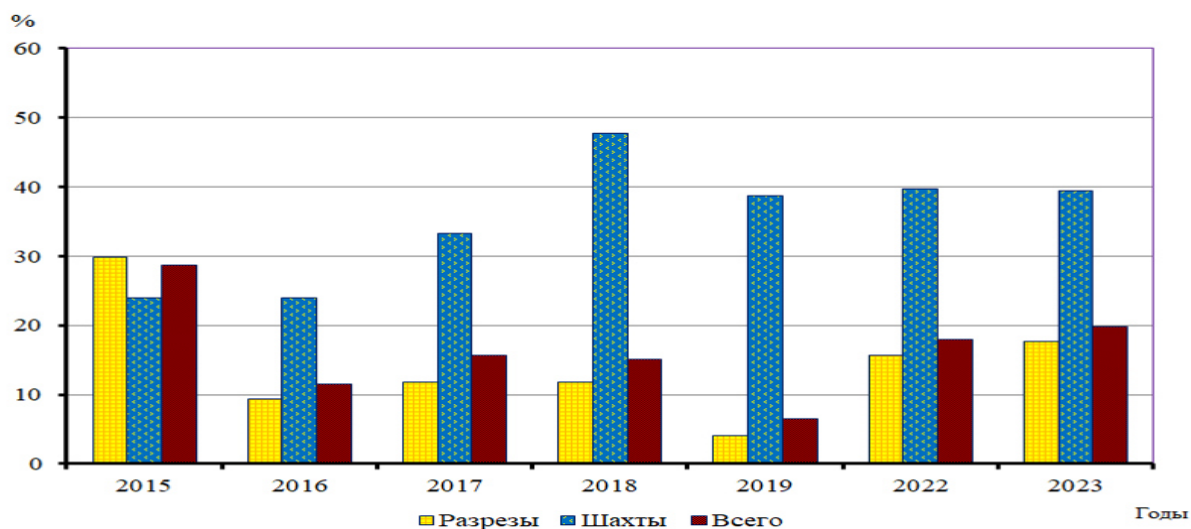
Несмотря на объявленные намерения по импортозамещению [7-11], доля ежегодно вводимого в эксплуатацию зарубежного оборудования в целом по угольной отрасли выросла с 71,3% в 2015 г. до 80,1% в 2023 г. (рисунок 24).



Источники: Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 24 – Доли вводимого импортного оборудования на предприятиях России

Соответственно, доля введенного отечественного оборудования в анализируемом периоде снизилась – с 28,7% в 2015 г. до 19,9% в 2023 г. (рисунок 25).



Источники: Источник: ИНЭИ РАН, данные угольных компаний

Рисунок 25 – Доли вводимого отечественного оборудования на предприятиях России

При этом, на *шахтах* в целом за рассматриваемый период наблюдается некоторое улучшение: доля введенного отечественного оборудования возросла с 24% в 2015 г. до 39,5% в 2023 г., и соответственно, снизилась с 76% до 60,5% доля импортного оборудования [12].

Из всей номенклатуры вводимого оборудования самая высокая доля его отечественного производства составила в 2023 г.: по проходческим комбайнам – 35,0%, погрузочным машинам – 69% (таблица 3).

Таблица 3 – Доли вводимого импортного оборудования для подземных работ, %

Вид оборудования	Годы						
	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023
Механизированные комплексы	100,0	н/д	33,3	100,0	0,0	83,3	100,0
Проходческие комбайны	56,3	11,1	21,4	45,8	50,0	63,6	65,0
Очистные комбайны	100,0	75,0	100,0	81,8	87,5	100,0	100,0
Погрузочные машины	58,8	83,3	33,3	20,0	46,2	0,0	31,0
Дизельные локомотивы шахтные	86,2	100,0	90,9	100,0	100,0	100,0	84,2

Доли остальных позиций по номенклатуре видов оборудования для подземных работ можно характеризовать как критически недопустимые.

Справочно: В настоящее время появилась возможность совместного производства очистных комбайнов с ДНР (опытный образец уже произведен). Первый импортозамещающий проходческий комбайн уже работает на шахте имени С.Д. Тихова в Кузбассе. Выпускаемая горно-шахтная техника – это совместный продукт машиностроителей Ясиноватского машиностроительного завода (г. Ясиноватая, Донецкая Народная Республика), Кузбасского электромашиностроительного завода («ТоргИнвест», г. Кемерово) и компании «Ильма» (г. Томск).

Ситуация на *разрезах* напряженнее, чем на шахтах: за анализируемый период произошел рост доли всего введенного импортного оборудования с 70,1% в 2015 г. до 82,3% в 2023 г. (см. рисунки 24 и 25), а по отдельным видам оборудования – доходит или приближается к 100% (таблица 4).

Таблица 4 – Доли вводимого импортного оборудования для открытых горных работ, %

Вид оборудования	Годы						
	2015	2016	2017	2018	2019	2022	2023
Экскаватор-мехлопата до 10 куб. м	35,3	78,9	97,1	85,7	96,0	98,1	100,0
Экскаватор-мехлопата свыше 10 куб. м	83,3	50,0	69,6	64,3	82,8	77,3	92,3
Погрузчики	82,8	78,9	84,6	97,6	91,3	81,3	95,1
Буровые станки	57,8	87,5	75,9	78,3	86,5	38,5	26,5
Бульдозеры тяжелые	35,3	63,2	54,8	75,3	72,6	80,3	67,2
Автосамосвалы технологические до 40 т включительно	100,0	100,0	88,1	97,1	60,6	97,6	100,0
Автосамосвалы технологические свыше 40 т	100,0	100,0	97,1	95,5	97,8	91,0	93,2

Соответственно доля отечественного оборудования на разрезах за этот период упала почти в 1,7 раза – с 29,9% в 2015 г. до 17,7% в 2023 г.

Доля отечественного оборудования, введенного на разрезах в 2023 г., даже по самым «успешным» позициям является для отрасли критически низкой: бульдозеры тяжелые – 32,8%, автосамосвалы свыше 40 т включительно – 6,8%, экскаваторы–мехлопаты свыше 10 куб. м – 7,7%. Исключение составляет лишь позиция по буровым станкам, доля которых отечественного производства в 2023 г. – 73,5%.

Следует отметить, что поставки импортного оборудования становятся дороже и сложнее, а совокупный рост расходов, обеспечиваемый, в том числе, заемными средствами, создает риски банкротства небольших шахт и разрезов.

При этом для разрезов Сахалина в Белоруссии закупают БелАЗы на водороде. Для этого на водородном полигоне Сахалина разместили системы хранения и производства газа, заправочный комплекс и солнечные панели, которые в большой степени обеспечивают энергоснабжение площадки. Водородные энергоустановки должны снабжать электроэнергией отдаленные островные и изолированные северные территории Сахалина – это позволит отказаться от дизельной генерации и ввести новые гибридные установки электрообеспечения.

Правительство Сахалинской области планирует развивать водородные технологии для транспорта: две опытные модели машин на таких топливных элементах – *Урал* и *ГАЗель* – были уже представлены в Южно-Сахалинске. В связи с этим специально для острова Сахалин «Трансмашхолдинг» занимается созданием первого в истории отечественного транспортного машиностроения пассажирского поезда на водородном топливе.

6.3.2 Оценка уровней актуальности производства отдельных видов горношахтного оборудования на отечественных машиностроительных заводах

В соответствии с представленными материалами, а также проведенными авторами прогнозными расчетами по объемам добычи и экспорта российского угля до 2050 г., для угольной промышленности является весьма актуальным организация производства оборудования на отечественных машиностроительных заводах по номенклатуре и перспективному горизонту его востребованности, приведенными в таблице 5 [13].

Анализ действующих в России машиностроительных заводов указывает на наличие возможностей изготовления на них актуальных для угольной промышленности видов оборудования (списки заводов см. Приложение 1 и Приложение 2).

Таблица 5 – Актуальные виды оборудования для угольной промышленности, рекомендованные для производства на отечественных машиностроительных заводах и возможные горизонты его использования

Вид оборудования	Уровень актуальности производства	Возможный горизонт использования, годы					
		2025	2030	2035	2040	2045	2050
I. Подземные работы							
Механизированные комплексы	Очень высокий						
Проходческие комбайны	Высокий						
Очистные комбайны	Критически высокий						
Погрузочные машины	Средний						
Дизельные локомотивы шахтные	Критически высокий						
II. Открытые работы							
Экскаватор-мехлопата до 10 куб.м включительно	Критически высокий						
Экскаватор-мехлопата свыше 10 куб. м	Критически высокий						
Погрузчики	Критически высокий						
Буровые станки	Средний						
Бульдозеры тяжелые	Очень высокий						
Автосамосвалы технологические до 40 т включительно	Критически высокий						
Автосамосвалы технологические свыше 40 т	Критически высокий						

6.3.3 Предложения по организации государственной поддержки внедрения новой техники и технологий на предприятиях угольной промышленности

Механизм государственной поддержки может быть реализован через систему государственных заказов, формируемых в соответствии с ГК (вторая часть) ФЗ №14-ФЗ, с изменениями от 12.09.2023 г. и использования новых возможностей промышленного государственно-частного партнерства (ГЧП), предусмотренных в Указе Президента РФ ФЗ-224 «О государственно-частном партнерстве», принятого в 2024 г.

В соответствии с этими нормативно-правовыми документами авторами предлагается:

– возложить на Минэнерго РФ функции государственного заказчика по формированию заказов на изготовление машиностроительными заводами РФ нового перспективного оборудования для предприятий угольной промышленности (список заводов см. приложение);

– создание при Минэнерго РФ экспертно-координационного Совета по угольному машиностроению, состоящему из представителей машиностроительных заводов, угольных компаний и ведущих научных организаций страны с целью формирования политики в области угольного машиностроения и разработки требований и технических заданий на изготовление новых образцов перспективного оборудования;

– проведение государственным заказчиком публичных конкурсов между машиностроительными заводами на изготовление продукции, соответствующей требованиям и техническим заданиям;

– формирование двух государственных лизинговых компаний, на бухгалтерский баланс которых будет ставиться новое, изготовленное заводами оборудование, соответственно – «Росуглемаш подземный» для угольных шахт и обслуживающих их обогатительных фабрик и «Росуглемаш открытый» – для угольных разрезов и соответствующих обогатительных фабрик. Это существенно расширит спрос на новое отечественное оборудование со стороны угольных компаний в т. ч. за счет сокращения инвестиционных затрат, связанных с отсутствием необходимости полной оплаты стоимости необходимого оборудования;

– обеспечить реализацию системы лизинговых платежей, в соответствии с которой возвратные средства, поступающие в лизинговые компании от предприятий угольной отрасли, будут аккумулироваться у государственного заказчика в специально создаваемом для этих целей «Фонде развития машиностроения», обеспечивающего финансирование последующих государственных заказов;

– осуществление со стороны лизинговых компаний «Росуглемаш» и государственного заказчика технического, а также финансового сопровождения и контроля за эффективностью использования угольными предприятиями нового оборудования, поставляемого им по лизинговым договорам.

Такая схема позволяет заводам угольного машиностроения достаточно быстро вернуть работы по изготовлению перспективного оборудования для угольных шахт и разрезов в условиях дефицита инвестиционных ресурсов.

В этой схеме возможны подварианты, в рамках которых машиностроительным заводам для целей расширения существующих производственных мощностей может быть предоставлена возможность субсидирования процентных ставок по кредитам, взятым на реализацию таких целевых проектов, либо использования механизма промышленной ипотеки. Дополнительно к этому для расширения мощностей машиностроительных заводов возможно также применение норм, предусмотренных новым законом «О промышленном государственно-частном партнерстве».

Соответствующие юридические изменения уже внесены в ФЗ-224 «О государственном-частном партнерстве». Нововведения касаются расширения механизма действия ГЧП, в рамках которого государственный регулятор имеет возможность обратиться к частным инвесторам (машиностроительным компаниям) для производства на их мощностях необходимой государству продукции. Для того, чтобы стать партнером государства по новой схеме взаимодействия, компания должна:

- обладать собственным имущественным комплексом;
- иметь план строительства будущих объектов, соответствующий требованиям технологического суверенитета РФ;
- обладать ресурсами по финансированию проектов в объеме, превышающим 10 млрд. руб.

При этом компания-партнер государства – обязана инвестировать в объекты строительства не менее 15% от общей суммы, а государство – покрыть 50% и более всех расходов. Машиностроительным заводам, приведенным в Приложении, такая форма ГЧП может быть достаточно привлекательной, тем более, что она предусматривает несколько вариантов финансового участия государства в реализации проектов:

- инвестирование в создание объектов;
- возмещение уже вложенных частным партнером средств на этапе эксплуатации объектов;
- возмещение недополученных частным партнером доходов от эксплуатации объекта соглашения.

Наряду с расширением возможностей по наращиванию мощностей заводов угольного машиностроения весьма целесообразно для обеспечения своевременной оплаты по лизинговым договорам, предоставить предприятиям угольной промышленности, эксплуатирующим новое перспективное оборудования, право на использование норм его ускоренной амортизации.

Выше приведенные меры государственной поддержки не требуют разработки и принятия новых законодательных актов. Они расширяют возможности заводов по изготовлению необходимого горношахтного оборудования и обеспечивают достаточно быстрое разворачивания его поставок предприятиям угольной промышленности.

6.4 Анализ ценовой конъюнктуры на мировых угольных рынках

Цены на уголь на мировых рынках оказывают существенное влияние на цены производителей угля в России и на прибыль угольных компаний.

Изменение цен на энергетический уголь на мировых рынках в период с 2012 по 2023 гг. показано на рисунке 26 [14].



Источники: ВР, ИНЭИ РАН

Рисунок 26 – Изменение цен на энергетический уголь на мировых рынках в период с 2012 по 2023 гг.

Цены на энергетический уголь росли, затем, начиная с весны 2022 г., из-за возросшего спроса на уголь «упали», затем «взлетели» после ввода эмбарго на российский уголь (в августе 2022 г.), снизились в 2023 г. и в январе 2024 г. опустились ниже:

- в ЕС котировки энергетического угля на рынке ЕС упали до 110 дол. США/т вследствие снижения цен на газ и электроэнергию;
- в Китае цены на уголь (калорийностью 5500 ккал/кг, в порту Циньхуа) упали до 130 дол. США/т;
- в ЮАР котировки южноафриканского угля упали ниже 100 дол. США/т в результате снижения спроса со стороны стран ЕС, а также Индии и Пакистана, которые увеличили потребление более конкурентоспособного российского и мозамбикского угля;
- в Австралии цены угля упали до 130 дол. США/т на фоне сокращения спроса со стороны производителей стали в связи с окончанием периода пополнения запасов;
- в Индонезии цены угля снизились до 92 дол. США/т, что обусловлено невысоким спросом со стороны стран АТР;
- в России в конце 2023 г. цены на уголь с калорийностью 6000 ккал/кг на базе FOB на Дальнем Востоке составили 119 дол. США/т, с калорийностью 5500 ккал/кг – 109 дол. США/т, с калорийностью 5000 ккал/кг – 99 дол. США/т [15].

Уже в марте 2024 г. экспортные цены на российский энергетический уголь упали до минимальных значений за три года, с 2021 г., из-за низкого спроса на ключевых рынках в Индии и Китае. Стоимость угля калорийностью 6000 ккал на 1 кг на базисе FOB «Дальний Восток» составила 95 дол. США/т, с начала 2024 г. котировка снизилась на 6%. Тонна менее калорийного угля, 5500 и 5000 ккал на 1 кг, стала дешевле на 7 и 13%, цена достигла 86 дол. США/т и 67 дол. США/т. Экспортные цены в портах на юге и северо-западе

оказались еще ниже. Так, в Таманском порту уголь, калорийностью 6000 ккал, на начало апреля 2024 г., стоил 72 дол. США/т за тонну (падение на 13% с начала 2024 г.), в балтийских терминалах стоимость составила 61 дол. США/т за тонну (минус 14% с начала 2024 г.). Нынешние цены приводят к тому, что экспорт российского угля становится нерентабельным. Так, экспортные «нетбэки» (экспортная цена за вычетом транспортных расходов), в портах на северо-западе и юге России стали «отрицательными»: к началу апреля 2024 г. «нетбэк» в Тамани достиг минус 7 дол. США/т, в балтийских портах – минус 6 дол. США/т. Поставки угля, калорийностью 5000 ккал, через дальневосточные порты тоже получили отрицательный «нетбэк» в минус 5 дол. США/т. «Нетбэки» для более калорийного угля при поставках через порты Дальнего Востока пока положительны и составляют 13 дол. США/т для угля, калорийностью 5500 ккал, 22 дол. США/т – калорийностью 6000 ккал.

Индия и Китай стали получателями основных объемов российского угля после запрета на импорт, введенного странами ЕС. Угольные компании оказались вынуждены продавать сырье с большими скидками.

Спрос на азиатском рынке сократился в связи с «периодом межсезонья»: морозы уже миновали, а жаркие месяцы еще не наступили. Кроме того, в Индии увеличиваются объемы собственной добычи угля. По данным индийских властей, за последний год прирост объемов угольного производства составил 7%.

Из-за сезонного ослабления спроса и общего снижения потребления угля в Европе растут поставки топлива на рынки стран Азии из Колумбии, ЮАР и США, что обостряет конкуренцию и влияет на цены угля. Дополнительной нагрузкой стали пошлины на экспорт, привязанные к курсу доллара. На этом фоне логистические издержки только растут. Поэтому, экспорт через северо-западные и южные порты России для многих производителей угля уже стал убыточным, а поставки через порты Дальнего Востока «балансируют на грани рентабельности». В результате не только экспорт российского угля падает, но и сокращается его производство.

Усиливает сложившуюся ситуацию еще и проводимая в большинстве стран Европы и Азии декарбонизация мировой экономики.

6.5 Программные темпы декарбонизации экономики основных угледобывающих и углепотребляющих стран мира

С целью декарбонизации экономики многие страны мира, включая Россию, приняли программы по достижению «нулевой» нейтральности к 2030-2060 гг. (таблица 6).

Таблица 6 – Намерения основных стран мира по декарбонизации экономики и низкоуглеродному развитию

Страна	Намерения стран по декарбонизации экономики
Германия	Достигнуть углеродную нейтральность – к 2038 г. К 2030 г. планируют за счет ВИЭ обеспечить до 80% спроса на электроэнергию.
Испания	Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г. Долю ВИЭ планируется увеличить до 74%.
Польша	Намечен постепенный отказ от газа и угольных ТЭС. К 2030 г. доля ВИЭ в энергобалансе страны – 47%, в 2040 г. – 51%. К 2040 г. долю угля в энергетике планируется снизить с 77% до 8%.
Италия	Отказ от угольных станций – к 2025 г.
Великобритания	В 2024 г. планируется закрыть последнюю угольную станцию. Доля ВИЭ в энергобалансе в 2023 г. – 32,8%, газовые – 32,8%, АЭС – 13,8%. Декарбонизация электроэнергии – к 2030 г.
Япония	Планирует закрыть 110 из 140 угольных ТЭС, повысить долю ВИЭ до 35–39% к 2030 г. Австралия готова поставлять Японии около 1 млн т/г. «зеленого» водорода к 2030 г. Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г.
Китай	Мощности ВИЭ в настоящее время – 625 ГВт. Пока генерация на ВИЭ будет нестабильной, КНР будет использовать угольную генерацию, мощности которой в 2020 г. составляли 1,01 тыс. ГВт (65%). К 2030 г. 20% электроэнергии будет на основе ВИЭ и водорода. Достижение углеродной нейтральности – к 2060 г.
Южная Корея	Намерена к 2030 г. 20% выработки энергии обеспечивать за счет ВИЭ. Ожидается ввод в эксплуатацию более 48 ГВт новых мощностей, в т.ч. 31 ГВт – за счет СЭС и 16,5 ГВт – ВЭС. Достижение углеродной нейтральности в - к 2050 г. Планируется увеличить долю атомной энергетики в выработке электроэнергии до 30% и более.
США	Планируют долю солнечной энергетики к 2035 г. до 40% и ввод 462 ГВт мощностей СЭС. Ветрогенерация в 2024 г. (47,7 ГВт.ч) превысила выработку электричества из угля (37,2 ГВт.ч). Углеродная нейтральность – к 2060 г.
Индия	На фоне развития угольной генерации строит новые СЭС и ВЭС. Происходит сокращение спроса на уголь и импорта угля (в июле 2022 г. – на 10%). Достижение углеродной нейтральности – к 2050 г.
Индонезия	Достижение углеродной нейтральности к 2050 г., отказ от угля; доля ВИЭ в производстве электроэнергии – 35%.
Канада	Отказ от угольных станций – к 2060 г.
Россия	Достижение углеродной нейтральности – к 2060 г.

Таким образом, большинство стран мира с целью достижения углеродной нейтральности приняли решение снизить выбросы парниковых газов к 2050 г. (Испания, Япония, Южная Корея, Индия, Индонезия и др.). Некоторые страны намерены достичь заветной цели к 2060 г. (Великобритания, Китай, США, Россия и др.).

В ЕС, где лидером в области ВИЭ является Германия, считают, что для достижения углеродной нейтральности в ФРГ уже к 2038 г. понадобится всего 2,2% земли под солнечные и ветровые электростанции. Так, в докладе Европейского бюро по охране

окружающей среды (ЕЕВ), опубликованном под названием «Земля для ВИЭ» (*Land for Renewables*), утверждается, что «такую площадь нужно будет задействовать, чтобы достичь климатической нейтральности к 2040 г., прекратив работу не только угольных и газовых, но и даже атомных электростанций».

В исследованиях немецкого Института солнечных энергетических систем (*Fraunhofer ISE*) показано, что на территории ФРГ может быть размещено более 3000 ГВт солнечных электростанций. Это в разы больше, чем необходимо для достижения углеродной нейтральности.

По расчётам Аналитического центра *Carbon Tracker*, установка достаточного количества солнечных панелей для удовлетворения мирового спроса на энергию займет всего 0,3% поверхности земли, что меньше площади, занимаемой инфраструктурой нынешней энергетики, работающей на ископаемом топливе.

Все эти и другие страны вкладывают большие инвестиции в развитие ВИЭ, осуществляя значительные вводы новых мощностей солнечной и ветровой генерации (СЭС и ВЭС) и, таким образом, увеличивая долю ВИЭ в энергобалансе своих стран. При этом большинство стран закрывают угольные теплоэлектростанции (ТЭС), и только пока генерация на ВИЭ будет нестабильной, будут использовать действующие угольные ТЭС.

К сдерживанию развития добычи угля в мире и России будет приводить также климатическая повестка (доктрины) по изменению климата и принятые на соответствующих конференциях (саммитах) соответствующие решения.

7. Мировая климатическая повестка как фактор сдерживания развития добычи угля.

7.1 Основные вызовы низкоуглеродного развития, влияющие на масштабы добычи угля в перспективном периоде

В целях снижения выбросов углекислого газа принят ряд соглашений по климату [16]. Так, в соответствии с Парижским соглашением по климату (2015 г.) было предусмотрено сокращение выбросов CO_2 всеми участниками соглашения вне зависимости от уровня экономического развития к 2030 г. на 25–40% от уровня 2005 г., а к 2050 г. – на 70%.

Россия также присоединилась к Парижскому соглашению по климату и приняла постановление Правительства РФ от 21 сентября 2019 г. № 1228 «О Принятии Парижского соглашения».

В *Национальном плане мероприятий по снижению выбросов на период до 2022 г.* РФ заявила о возможном сокращении выбросов на 30% к 2030 г. и до 70% в масштабе всей экономики и с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем, при условии устойчивого и сбалансированного социально-экономического развития страны. При этом обязательства ЕС – сократить выбросы на 40%, Японии – на 20%, США – на 15%.

26 октября 2023 г. Президент Владимир Путин утвердил достижение углеродной нейтральности к 2060 г. в *Новой климатической доктрине*, в которой сформулирована система принципов и целей, направленных на реализацию единой государственной политики, связанной с изменением климата и его последствиями.

В климатической доктрине безопасное и устойчивое развитие страны названо стратегической целью, с одной стороны, ставящей во главу угла национальные интересы, а с другой, учитывающей одновременно интересы международные. Проблема изменения климата называется в ней одним из самых серьезных вызовов XXI века.

К 2030 г. Россия намерена удвоить мощности возобновляемых источников энергии, с 6 ГВт до 12 ГВт, а доля «зеленой энергетики» в стране вырастет до 39,7% (с текущих 37,8%). Половину прироста планируется реализовать за счет удвоения производства из возобновляемых источников энергии [17].

На *климатическом саммите ООН по изменению климата (COP28)*, состоявшемся в Дубае, ОАЭ, с 30 ноября по 12 декабря 2023 г., приняли участие почти 200 стран. На этом саммите была поставлена цель по ограничению роста температуры в 1,5°C, в связи с чем необходим трехкратный рост глобальной установленной мощности ВИЭ к 2030 г. и увеличение объема ежегодных новых вводов ВИЭ до 1000 ГВт.

Однако для достижения поставленной цели в целом в мире, по расчетам МЭА, требуется инвестировать в энергетический переход около 4,5 триллиона дол. США, начиная со следующего десятилетия. В 2023 г. расходы на энергетический переход, по оценке МЭА, составили около 1,8 триллиона дол. США [18].

Тем не менее, по мнению многих экспертов, выгоды от энергетического перехода в Азии могут оказаться в 5 раз выше, чем потери, связанные с растущими климатическими разрушениями.

Индийская Группа Adani Group планирует инвестировать около 100 млрд дол. США в «зеленый энергетический переход» в течение ближайших 10 лет, а стать углеродно-нейтральными – до 2050 г. Достичь поставленной цели они планируют за счет активного внедрения ВИЭ, электрификации производства, использования биотоплива, внедрения технологий утилизации тепла и хранения энергии. Компания планирует построить три

завода по выпуску солнечных панелей мощностью 10 ГВт, кроме того, ввести 10 ГВт – ветряные турбины и 5 ГВт – водородные электролизеры. Для производства солнечных модулей завершено строительство стекольного завода и начаты работы на заводе по производству слитков и пластин. В конце 2023 г. компания начала производство крупнейшей в Индии ветряной турбины мощностью 5,2 МВт. Adani Group разрабатывает также электрический грузовик на водородных топливных элементах для горнодобывающей промышленности и станет первой компанией в Азии, эксплуатирующей водородные машины в этой отрасли.

По прогнозам МЭА, в 2025 г. на Азию придется около 50% мирового потребления электроэнергии, из которого треть глобальных мощностей электроэнергии будет потребляться в *КНР*. Строительство новых угольных ТЭС угрожает климатической политике Китая. В Китае начали строить больше угольных ТЭС отчасти из-за того, что климатические бедствия уже начинают разрушать местную энергетику и требуется внедрить больше электростанций как можно скорее. В то же время само строительство ТЭС, по мнению экспертов, только усилит бедствия, повышающие нагрузку на энергетику, создавая замкнутый круг умножающих друг друга расходов.

Ужесточая свои требования к чистоте окружающей среды, многие европейские страны активно вводят *углеродные платежи* и заявляют о полном отказе от ископаемых энергоресурсов, включая добычу угля и закрытие угольных ТЭС.

В *странах ЕС* уже с 2023 г. действуют ограничительные правила по выбросу метана, которые предусматривают норматив в 5 тонн газа на 1 тысячу тонн добытого угля [19]. Регламент официально опубликован 16 мая 2023 г. и вступил в силу. Согласно принятому Регламенту, переходный период действия трансграничного углеродного налога начался с 1 октября 2023 г.

Принимаемая в компаниях политика устойчивого развития и рост популярности ESG-индекса (E – экологических, S – социальных и G – управленческих) критериев в мире может ускорить отказ от твердых углеводородов.

7.2 Намерения угольных компаний по реализации политики устойчивого развития

Многие крупные инвестиционные фонды и банки в рамках проводимой политики ESG вводят в своих инвестиционных декларациях запрет на инвестирование средств в проекты, связанные с добычей и использованием твердых углеводородов. В дальнейшем это приведет к росту стоимости фондирования для существующих месторождений и, возможно, будет означать прекращение разработки новых угольных месторождений.

Политика компании в области ESG и устойчивого развития согласуется также с целями в области *устойчивого развития ООН* и включает в себя:

- снижение влияния на окружающую среду,
- социальную ответственность перед сотрудниками и гражданами в территориях присутствия,
- совершенствование систем управления, охраны труда и промышленной безопасности.

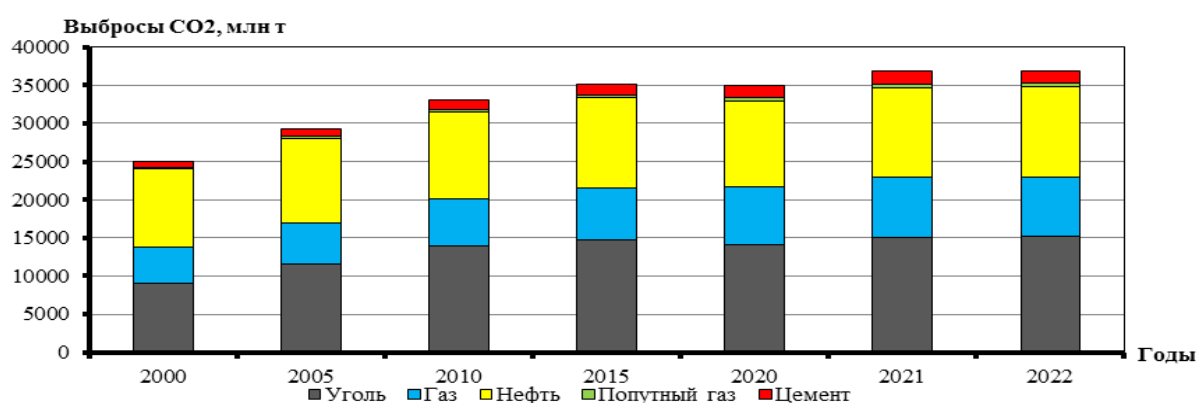
Устойчивое развитие в УК «Кузбассразрезуголь» с 2023 г. выделено в отдельное направление деятельности в аппарате управления компании. В марте 2024 г. УК «Кузбассразрезуголь» впервые вошла в авторитетный рэнкинг ESG-прозрачности российских компаний (рэнкинг – список субъектов, ранжированных по величине какого-либо показателя деятельности, который составляется на основе публичных показателей субъектов). Самой высокой для компании УК «Кузбассразрезуголь» стала оценка за раскрытие информации об экологической политике – 0,5 балла.

Рассмотрим более подробно влияние добычи угля на эмиссию парниковых газов.

7.3 Влияние добычи угля на эмиссию парниковых газов

Общее выделение углекислого газа (CO_2) при добыче угля – незначительное по сравнению с теми объемами, которые выделяются при его горении. Кроме CO_2 в атмосферу выделяется окись серы, зола и сажа.

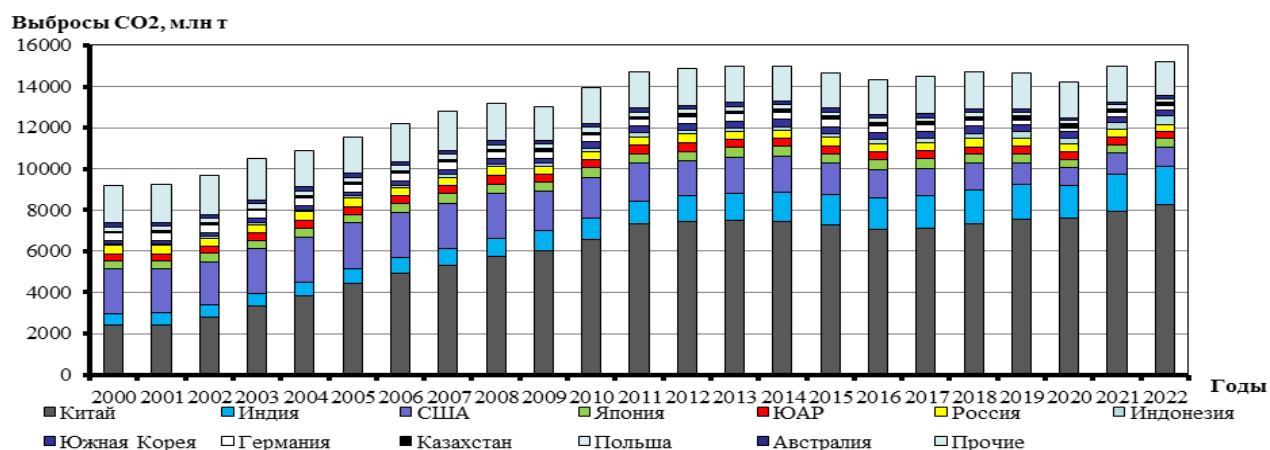
Общий объем эмиссии CO_2 от ископаемого топлива с территорий всех стран в 2022 г. – 41,3 млрд т, что на 11,3% больше, чем в 2021 г. (рисунок 27).



Источники: GCA, ИНЭИ РАН

Рисунок 27 – Общий объем эмиссии CO_2 от ископаемого топлива в мире

Эмиссия углекислого газа от использования угля с территорий основных стран приведена на рисунке 28.



Источники: GSA, ИНЭИ РАН

Рисунок 28 – Общий объем эмиссии CO₂ от ископаемого топлива

Самое большое количество выбросов CO₂ в 2022 г. наблюдается в КНР – 54,2% от всего объема выделяемого CO₂ (+ 3,7% к 2021 г.), Индии – 12,2% (+ 2,8% к 2021 г.), США – 6,7% (+ 14 % к уровню 2021 г.), Японии – 2,8% (+ 12,6,0% к уровню 2021 г.), Индонезии – 2,7% (+33,7% к уровню 2021 г.), России – 2,3% (- 6,6% к уровню 2021г.), ЮАР – 2,2% (- 8,6% к уровню 2021 г.); на последующих местах расположились: Южная Корея, Германия и Польша.

Из приведенных данных следует, что по выбросам углекислого газа Россия находится значительно ниже таких угледобывающих и углепотребляющих стран, как Китай, на который приходится более половины всего мирового объема выбросов, а также Индии, США, Японии и Индонезии (см. рисунок 28).

Меньшие объемы эмиссии углекислого газа от ископаемого топлива по сравнению с Россией имеют только такие страны, как ЮАР, Южная Корея, Германия и Польша.

В РФ доля потребления угля в электроэнергетике – ниже среднемировых значений, а именно – 23%. Внутри России значительная часть CO₂ образуется при использовании угля в энергетике и коммунально-бытовом секторе (70%). Оставшаяся часть – при коксовании.

Так как доля экспорта российского угля многие годы составляла около 50 % от всего объема его добычи в стране, то большая часть эмиссии CO₂ приходилась на зарубежные территории его потребления.

Тем не менее, улавливанию и хранению углерода (*Carbon Capture and Storage, CCS*) во многих странах мира в настоящее время уделяется большое внимание.

7.4 Анализ проектов по улавливанию и захоронению диоксида углерода (Carbon Capture and Storage, CCS)

Технология улавливания и хранения диоксида углерода (*Carbon capture and storage* (CCS)) призвана сыграть жизненно важную роль в деле удержания глобального потепления в пределах заявленной цели Парижского соглашения (+1,5 градуса по Цельсию).

Следует отметить, что технология CCS – процесс, включающий в себя отделение CO₂ от промышленных и энергетических источников, транспортировку к месту хранения и долгосрочную изоляцию от атмосферы.

Технология улавливания и хранения диоксида углерода можно рассматривать как одно из направлений декарбонизации экономики и энергетики, которые взаимно дополняют друг друга [20]. Привлекательность применения технологий CCS обусловлена возможностью достижения углеродной нейтральности при сохранении использования органических топлив в энергетике в долгосрочной перспективе.

Внедрение технологии CCS может коренным образом изменить ситуацию с перспективами использования органических топлив, в т.ч. угля. Это направление интенсивно развивается во многих странах мира.

В настоящее время по технологии CCS имеется уже около 30 действующих проектов, 11 проектов – строящихся, еще 153 проекта – в стадии планирования / проектирования. Таким образом, общий портфель проектов CCS насчитывает 196 «коммерческих» проектов на разных стадиях (на двух объектах «операции» приостановлены).

Динамика портфеля проектов CCS в период 2010-2022 гг. показана на рисунке 29.

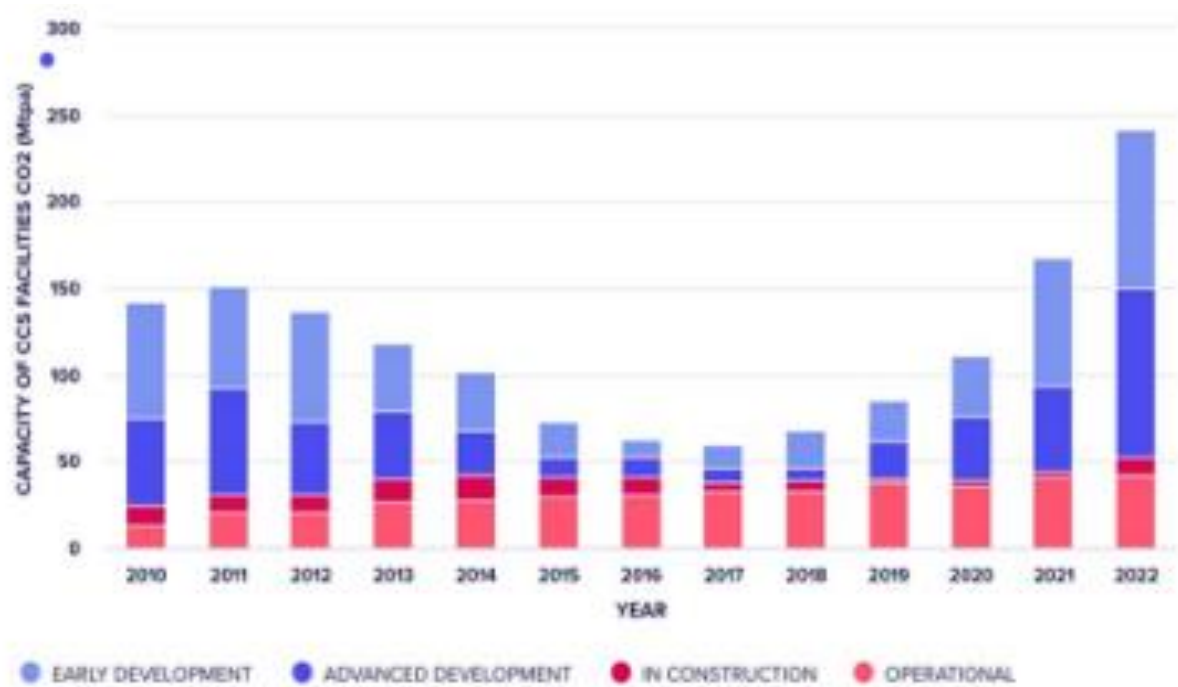


Рисунок 29 – Динамика портфеля проектов CCS в период 2010-2022 гг.

Лидерами по проектам CCS являются: США (34 предложенные проекта), а также Канада, Великобритания, Норвегия, Австралия, Нидерланды и Исландия.

В РФ объем геологических структур для надежного захоронения CO₂ огромен – хватит на столетия.

К 2030 г., по данным МЭА, для достижения этой цели потребуются хранилища общим объемом около 1,3 млрд т.

Тем не менее, некоторые эксперты утверждают, что CCS – это дорогая и энергозатратная технология. Это касается, в первую очередь, оборудования для улавливания CO₂, на которое приходится 60-80% суммарных затрат на CCS [21]. Однако при оснащении тепловых электростанций (ТЭС) системами очистки от CO₂ удельные капитальные затраты увеличиваются в 1,6-2,3 раза, а стоимость произведенной энергии – в 1,3-1,6 раза. На функционирование таких систем может расходоваться до 20% мощности электростанции. К тому же для формирования индустрии CCS потребуется создание разветвленной трубопроводной системы для транспортировки больших объемов CO₂. Это может быть сопоставимо с газотранспортной системой и, скорее всего, потребует государственной поддержки. Затраты на захоронение CO₂ зависят от характеристик резервуара. При этом при увеличении объемов передачи CO₂ от 0,1 до 5,0 млн т в год удельная стоимость транспортирования может уменьшиться почти на порядок.

Тем не менее, создание индустрии CCS может обеспечить плавный переход от энергетики преимущественно на органическом топливе к энергетике на основе ядерных и возобновляемых источников генерирования энергии, прежде всего, солнечной (СЭС) и ветровой (ВЭС) энергетики и более продуктивных ее накопителей и аккумуляторов.

8. Расширение использования возобновляемых источников генерирования энергии и более продуктивных ее накопителей и аккумуляторов

Среди возобновляемых источников (ВИЭ) генерирования энергии особое внимание во многих странах мира уделяется развитию солнечной и ветровой электроэнергии.

8.1 Масштабы развития солнечной энергетики в странах мира

8.1.1 Действующие проекты и намерения стран по развитию солнечной энергетики

В 2023 г. в мире было введено 510 ГВт мощностей ВИЭ (на 50% больше, чем в 2022 г.), из них СЭС – 75%.

В скором времени, по мнению *Goldman Sachs*, развитие искусственного интеллекта может настолько сильно увеличить спрос на электроэнергию для нужд «дата-центров»,

что для его покрытия потребуются дополнительные мощности, равные генерации всех солнечных установок по итогам 2023 г.

В 2024 г. в мире планируется установить около 500 ГВт солнечных мощностей и 140 ГВт ветровых мощностей, из них более половины – в Азии, где намерены поскорее вытеснить угольную энергетику. Ожидается, что капитальные затраты на солнечную энергию в 2024 г. превысят 600 млрд дол. США.

Одними из самых крупных производителей и потребителей угля в мире являются Китай и Индия. При этом эти же страны являются лидерами в развитии ВИЭ.

Самый быстрый рост солнечной энергетики в последние годы произошел в *Китае и Индии*.

В 2023 г. Китай ввел в эксплуатацию 217 ГВт новых мощностей солнечной энергетики, а установленная мощность СЭС в КНР достигла 648 ГВт. Прирост ВИЭ (СЭС, ВЭС и гидроэнергии) в 2023 г. составил 301 ГВт (59% новых мощностей ВИЭ в мире).

В Китае в 2024 г. планируется ввести в эксплуатацию 240 ГВт новых солнечных мощностей. Только за первые два месяца 2024 г. Китай ввел в около 37 ГВт мощностей фотоэлектрической солнечной энергетики, и, по состоянию на февраль 2024 г., установленная мощность солнечной энергетики КНР достигла 648 ГВт.

По прогнозам, к концу 2026 г. – началу 2027 г. мощности солнечной энергетики КНР могут достичь 1 ТВт.

Бурное развитие солнечной энергетики в Китае объясняется также наличием собственной сырьевой базы. Например, в 2022 г. на долю КНР пришлось 68% глобального производства кремния, а также 14% добычи серебра, используемых для изготовления кремниевых пластин, применяемых в солнечных батареях.

Развитие солнечной и ветровой энергетики в Китае привело к тому, что основным экспортом экономики страны стали: солнечные батареи, электромобили и литиевые батареи. Ключевые элементы энергоперехода заменили экспорт традиционного набора лидирующих сегментов поставок китайской одежды, мебели и бытовой техники.

Еще 25% от всех новых мощностей СЭС в перспективе могут обеспечить следующие 4 страны: Индия, США, Австралия и Бразилия.

Индия активно развивает солнечную энергетику. В 2023 финансовом году в Индии ввели 15 ГВт новых мощностей. По состоянию на 31 марта 2024 г., общая мощность ВИЭ в Индии составила 144 ГВт.

В соответствии с перспективным планом развития энергетики Индии, прогнозируемая установленная мощность солнечной энергетики на 2031-2032 финансовый год может составить 339-365 ГВт в зависимости от сценария, ветровой – 92-122 ГВт.

Индия строит солнечные панели не только для удовлетворения собственных нужд страны, но и осуществляет их экспорт. Так, согласно данным *Mercom India*, в 2023 г. индийский экспорт солнечных элементов и модулей вырос на 227% и составил 1,8 млрд дол. США. Основную долю в экспорте (97,4%) заняли солнечные панели, а оставшуюся часть – солнечные элементы (ячейки). Крупнейшим покупателем индийских солнечных модулей и ячеек стали США, которые «забрали» 97,3% всего экспорта.

Несмотря на экспортные успехи, импорт продукции солнечной индустрии Индии намного превышает ее экспорт. В 2023 г. Индия импортировала солнечные модули и элементы на общую сумму 5 млрд дол. США (на 89,3% больше, чем в 2022 г.). При этом доля фотоэлектрических панелей составила 60,7%, то-есть в индийском импорте велика доля «полуфабрикатов» (ячеек), из которых собираются модули внутри страны. Продукция импортировалась, в основном, из Китая (58%) и стран Юго-Восточной Азии, производство в которых также в большей степени контролируются китайским бизнесом.

США в значительной степени зависят от иностранных солнечных панелей, и в 2023 г. импортировали рекордные 54 ГВт. При этом американцы фактически запретили импорт китайских фотоэлектрических панелей, установив высокие таможенные («анти-демпинговые») пошлины, а закон США о предотвращении принудительного труда Уйгуров (UFLPA) дополнительно ограничивает поставку фотоэлектрической продукции из КНР. Поэтому закупки солнечных модулей они осуществляют, в основном, из стран Юго-Восточной Азии, в т.ч. и из Индии.

В 2024 г. в США солнечная и ветровая энергетика впервые могут обойти по выработке электроэнергии угольную энергетику, добавив еще 36,4 ГВт солнечных электростанций.

Ожидается, что солнечные батареи на крышах домов США могут «покрыть» 45% общего спроса на электроэнергию. В настоящее время в США солнечные электростанции обеспечивают энергией только 1,5% от всего потребления страны. К 2030 г. количество солнечных электростанций в стране планируется удвоить, а к 2034 г. – утроить.

К 2035 г., по прогнозам *Bloomberg NEF*, в США планируют дополнительно ввести 737 ГВт от СЭС и еще 200 ГВт – от ВЭС.

Следует отметить, что в настоящее время производство солнечных панелей «перезажает» из Германии в США. Компания *Meyer Burger Technology* планирует закрыть завод по производству солнечных панелей в Германии и нарастить их производство в США.

В *Австралии* одобрен проект *Sun Cable* по строительству крупнейшего центра по производству солнечной энергии, который обеспечит электричеством 3 миллиона домохо-

зайств на севере страны, а по подводному кабелю в перспективе часть производимой энергии будет отправляться на экспорт в Сингапур.

В *Европе* также активно развивают солнечную энергетику. К концу 2023 г. совокупная мощность солнечных электростанций в Европе составила 263 ГВт (+ 27% к 2022 г.). По данным Европейской ассоциации солнечной энергетики *Solar Power*, в Европе в 2023 г. введены в эксплуатацию солнечные электростанции общей мощностью около 56 ГВт, в том числе 29 ГВт – крупномасштабных наземных объектов и 37 ГВт – кровельных фотоэлектрических установок [22].

Первое место по вводу мощностей солнечной генерации в Европе в 2023 г. заняла ФРГ – 14,1 ГВт, за ней следуют: Испания – 8,2 ГВт, Венгрия – 5,6 ГВт, Италия – 4,8 ГВт, Польша – 4,6 ГВт и Нидерланды – 4,1 ГВт.

В *ФРГ* совокупная мощность солнечных электростанций составила более 90 ГВт (57% потребления электроэнергии в стране), ожидается, что к 2030 г. она может возрасти до 215 ГВт (до 80% спроса на электроэнергию в стране).

Согласно обновленной национальной стратегии в области энергетики и климата, во *Франции* планируют увеличить мощности солнечной энергетики до 54-60 ГВт к 2030 г. и до 75-100 ГВт к 2035 г. Это предполагает ввод в эксплуатацию в среднем 7 ГВт ежегодно. К 2030 г. выработка солнечной энергетики должна составить 65 ТВт*ч, в 2035 г. – 93 ТВт*ч. Франция планирует использовать всю доступную землю для внедрения фотоэлектрических технологий, включая деградированные и заброшенные земли, участки вдоль железных дорог или рек, больших кровель и автостоянок. Планируются также строительство плавучих солнечных электростанций и применение *агровольтаики* (совместное освоение одного и того же участка земли как для солнечной фотоэлектрической энергетики, так и для сельского хозяйства).

В *Великобритании* немецкая компания *RWE* приступила к строительству своих первых солнечных электростанций (СЭС) общей мощностью 330 МВт. В глобальном масштабе *RWE* планирует увеличить установленную мощность своих СЭС с 3,9 ГВт до 16 ГВт к 2030 г.

Установленная мощность солнечной энергетики к концу 2023 г. в *Италии* составила 30,3 ГВт. По этому показателю Италия занимает второе место в Европе после ФРГ. Согласно информации итальянской ассоциации солнечной энергетики *Italia Solare*, в 2023 г. в Италии было введено в эксплуатацию 5,2 ГВт фотоэлектрических солнечных электростанций. Это значительное увеличение по сравнению с предыдущими годами: например, в 2022 г. прирост составил 2,48 ГВт, а в 2021 г. – только 0,94 ГВт.

По данным *Italia Solare*, 43% или 2,26 ГВт фотоэлектрических систем, подключенных к сети в 2023 г., – коммерческо-промышленный сегмент. Доля крупномасштабных объектов единичной мощностью более 1 МВт составила 22% новой, установленной в 2023 г., мощности (1,17 ГВт). На территории Италии было размещено 3 пилотных проекта по агровольтаике на отдельных фермах.

Активно развивается солнечная энергетика в *Венгрии*: с 728 МВт в 2018 г. до 5,6 ГВт в 2023 г. В 2030 г. в Венгрии намерены увеличить мощности солнечной энергетики до 14 ГВт.

В *Норвегии*, на крыше футбольного стадиона Уллевол, установили самую большую в мире вертикальную солнечную электростанцию, что в отличие от горизонтальных электростанций сделать проще. В совокупности в Норвегии смогут генерировать около 219 МВт энергии в год.

В 2023 г. цены на солнечные панели в Европе упали после того, как китайская продукция наводнила рынок. Это случилось, поскольку торговые ограничения, введенные Индией, и запрет США на импорт китайских панелей заставили китайцев «расширяться» на европейском рынке. При этом страны ЕС хотят отдать приоритет отечественным чистым технологиям. Однако в настоящее время лишь 2% спроса на них удовлетворяется за счет продукции для солнечных станций, произведенной в Европе, и около 90% компонентов поступает из Китая.

Плавучие солнечные батареи, установленные на существующих крупных водохранилищах *Африки*, могут производить 20-100% электроэнергии, ожидаемой от запланированных гидроэнергетических плотин Африки, и помогут решить климатические задачи на этом континенте. Используя современную модель энергетического планирования, охватывающую всю энергетическую систему Африканского континента, установлено, что солнечная энергетика конкурентоспособна по стоимости с другими возобновляемыми источниками энергии и, таким образом, является ключевой частью будущего энергобаланса Африки.

Плавучая солнечная энергия быстро становится конкурентоспособной по стоимости по сравнению с наземной солнечной энергией, и, по прогнозам, она может избежать необходимости строительства многих плотин, запланированных для гидроэнергетики по всей Африке.

Согласно прогнозов *DNV (Energy Transition Outlook 2022)*, установленная мощность солнечной энергетики к 2050 г. может вырасти в 22 раза от нынешнего уровня, до 14,5 ТВт, в том числе 5 ТВт будут представлены солнечными электростанциями, оснащёнными накопителями энергии. DNV прогнозирует, что глобальная средневзвешенная

приведенная стоимость энергии (LCOE) для солнечных фотоэлектрических систем упадет с нынешнего уровня 50 дол. США за МВт*ч до 30 дол. США за МВт*ч к середине XXI века. В отдельных проектах стоимость может быть намного ниже 20 дол. США / МВт*ч.

По мнению многих экспертов, солнечные батареи целесообразно также размещать в космосе, что позволит более эффективно накапливать и использовать энергию, но пока технологии не могут в полной мере обеспечить передачу энергии на такое большое расстояние. Так, Япония, по данным портала *New-Science.ru*, намерена запустить на низкую околоземную орбиту солнечную электростанцию для передачи энергии на Землю. Возникает вопрос: это путь к новой энергии?

8.1.2 Переработка солнечных модулей

Переработке солнечных модулей во многих странах уделяется большое внимание. По данным *IEA PVPS* (программа по фотоэлектрическим системам МЭА), переработка фотоэлектрических модулей является обязательной в Европе с 2012 г., в соответствии с директивой об отходах электрического и электронного оборудования (*WEEE*). Директива требует, чтобы все производители фотоэлектрических модулей на рынке ЕС либо использовали свои собственные схемы возврата и переработки, либо присоединялись к централизованным программам. Все государства-члены ЕС приняли *WEEE* в качестве национального законодательства.

Следует отметить, что в 2022 г. немецким исследовательским Институтом солнечных энергетических систем (*Fraunhofer ISE*) изготовлен солнечный элемент из 100% вторичного сырья с эффективностью 19,7%.

Американский Стартап *We Recycle Solar* из Аризоны объявил о переработке 99% материалов старых солнечных панелей и извлечении до 99% ценных компонентов – серебра, меди, алюминия, стекла и силикона из солнечных батарей, срок службы которых истек.

К 2030 г. в мире прогнозируется 1,7-8,0 млн т отходов фотовольтаники (накопленным итогом) в зависимости от рассмотренных сценариев (*regular loss* – использование модулей в течение 30-летнего срока службы, *early loss* – раннее окончание срока службы по разным причинам, например, замена морально устаревшего оборудования на более современное). Такое количество «солнечного мусора» соответствует 3-16% сегодняшнего годового объема электронных отходов.

Не менее активно, кроме солнечной энергетики, в настоящее время развивается и ветровая энергетика, развитие которой представлено ниже.

8.2 Развитие ветровой энергетики в странах мира

Ветряные установки становятся все более популярным видом альтернативной энергетики в мире по мере того, как власти ряда стран переходят к «зеленой» экономике.

В 2023 г. в мире, по данным *Всемирной ассоциации ветроэнергетики (WWEA)*, произошел рекордный прирост ветроэнергетики – 110 ГВт, а установленная мощность ветроэнергетики в мире составила 2063 ГВт. По прогнозу DNV, установленная мощность ветроэнергетики к 2050 г. в мире может возрасти в 9 раз.

Лидеры по вводу мощностей ветроэнергетики – Китай, Индия и Бразилия.

Чрезвычайно быстрое развитие технологий ветроэнергетики в *КНР*. В 2023 г. в Китае, по данным BDEF, были установлены ветряные турбины общей мощностью 77,1 ГВт, что на 58% больше, чем 2022 г. При этом установленная мощность оффшорной ветроэнергетики Китая по итогам 2023 г. превысила 36 ГВт (1 место в мире).

В январе-феврале 2024 г. установленная мощность ветроэнергетики КНР достигла 450 ГВт (прирост – 10 ГВт). Мощности солнечной и ветровой энергетики КНР обеспечили 88% общего прироста мощностей китайской электроэнергетики за январь-февраль 2024 г.

Компания CATL в январе 2024 г. получила разрешение на строительство оффшорной ВЭС мощностью 800 МВт (в провинции Фунзянь). Кроме того, был одобрен проект оффшорного ветропарка мощностью 29,3 ГВт.

В июне 2024 г. КНР завершила установку самой мощной в мире прибрежной ветряной турбины, мощностью 18 МВт. Новая установка сможет генерировать 72 ГВт·ч чистой энергии в год. В июле 2024 г. установленная в Китае крупнейшая в мире ветровая электростанция, оснащенная сразу двумя ветряными турбинами мощностью 8,3 МВт, сможет выдержать даже катастрофические ураганы и продолжать работать. В дополнение к ним в октябре 2024 г. введена в эксплуатацию крупнейшая в КНР оффшорная ветровая электростанция мощностью 900 МВт (в провинции Шаньдун), на которой установлены 106 ветряных турбин по 8,5 МВт каждая. Ожидается, что установленная ВЭС будет ежегодно вырабатывать около 2,55 млрд кВт*ч электроэнергии, экономя около 829 тыс. т угля и сокращая выбросы углерода примерно на 2,3 млн т в год.

В целом установленная мощность китайской энергосистемы вплотную приблизилась к отметке 3 ТВт, достигнув 2972 ГВт, а к 2030 г. она может возрасти еще на 1200 ГВт.

В *США* в 2024 г. планируется ввести в эксплуатацию 8,2 ГВт мощностей ветровой энергетики. После рекордного прироста более чем на 14 ГВт, как в 2020 г., так и в 2021 г. рост ветроэнергетики в последние два года замедлился. Тем не менее, в марте 2024 г.

начала работу у побережья штата Нью-Йорк первая в США морская ВЭС промышленного масштаба.

В настоящее время важную роль играют *оффшорные ветровые электростанции* (построенные недалеко от побережья морей), глобальная установленная мощность которых в 2022 г. составила 57,6 ГВт, из которых 44% приходится на КНР. Второе и третье места занимают Великобритания и ФРГ [23].

В 2023 г. *оффшорная ветроэнергетика*, согласно данных *Bloomberg NEF*, выросла на 18,4 ГВт.

Китайцы, которые ранее находились на «вторых» ролях в ветроэнергетике, в особенности в производстве ветрогенераторов для оффшорной ветроэнергетики, теперь вырвались на лидирующие позиции. По прогнозам, отрыв Китая от других стран будет только увеличиваться, поскольку КНР обладает, по данным WFO, самым большим портфелем строящихся оффшорных ВЭС.

Правительство *Японии* планирует увеличить мощность морских ВЭС до 10 ГВт к 2030 г. и до 45 ГВт к 2040 г. в рамках программы по декарбонизации. Японское подразделение британской энергетической группы SSE – *SSE Pacifico* – намерено построить морские ВЭС мощностью 6 ГВт в Японии. При этом шведская компания *Sea Twirl* намерена поставлять в Японию плавающие ветряные турбины с вертикальной осью.

В *Европе* ветроэнергетика может вырабатывать около 50% всей мировой электроэнергии. В 2023 г. финансовые вложения в европейскую ветрогенерацию увеличились до 30 млрд евро по сравнению с 0,4 млрд евро в 2022 г.

Ветроэнергетика в Европе может вырабатывать около 50% всей мировой электроэнергии. По данным *Wind Europe*, суточная выработка электричества от ветропарков в ЕС в 2023 г. достигла максимума – 35,9%. Средний показатель ветрогенерации в годовом исчислении составляет 15%. Но есть страны, как например, Дания, где ветряки вырабатывают 44% от всей генерации, в Ирландии – 31%, Португалии – 26%.

С ветроиндустрией в ЕС связывают большие надежды в плане энергетического перехода. В 2023 г. в ЕС введены в эксплуатацию 16,2 ГВт новых ветрогенераторов, из которых 80% – наземные ветропарки. Страны ЕС в 2023 г. построили 17 ГВт новых ветроэнергетических установок (ВЭУ), что немного больше, чем в 2022 г. В 2023 г. ветер удовлетворял 17% потребностей Европы в электроэнергии, а во многих странах – ещё больше: в *Дании* – около 44%, *Ирландии* – 31%, *Португалии* – 26%, *Испании* – 24%, *Германии* – 23%.

Датский ветряной гигант Vestas изготовил турбину мощностью 2 МВт, установленную на деревянной башне. Это первый проект, в котором башенная технология

Modvion сочетается с турбиной *Vestas*. Компания *Modvion* планирует открыть в 2027 г. завод, который будет производить 100 деревянных ветряных турбин ежегодно.

Корпорация *Google* подписала соглашение о покупке ветровой электроэнергии, которая будет вырабатываться на побережье *Нидерландов*. Технологический гигант приобрел 478 мегаватт ветрового электричества с двух станций в Нидерландах. Этот договор символизирует стремление *Google* к энергоснабжению и достижению климатических целей. Кроме того, в 2026 г. планируется реализовать голландский проект морской ветроэнергетики *Hollandse Kust West VI*.

Норвегия планирует к 2040 г. ввести 30 ГВт морской ветроэнергетики. Норвежская компания *Wind Catching Systems* работает над уникальной концепцией ветроэнергетики под названием «*Windcatcher*». Это плавучая морская установка из сотен маленьких турбин ветрогенераторов, которые должны заменить отдельные гигантские ветряные электростанции. Норвежская компания *Deep Wind Offshore* планирует построить ВЭС с 70 турбинами на шельфе Швеции.

Следует отметить, что Норвежская компания *Deep Wind Offshore* планирует построить ВЭС с 70 турбинами на шельфе Швеции, а норвежская компания *Equinor* и британская компания *SSE Renewables* рассматривают возможность расширения морского ветропарка *Dogger Bank* в Великобритании на 1,32 ГВт.

Активно развивается энергетика, включая и ветроэнергетику во *Франции*. Согласно обновленной национальной стратегии Франции в области энергетики и климата, в 2030 г. мощности наземной ветроэнергетики должны вырабатывать от 33 до 35 ГВт, морской ветроэнергетики – 4 ГВт, а гидроэнергетики – 26 ГВт.

По оценке МЭА, в ЕС в период до 2028 г. прогнозируется ввод новых мощностей на уровне 23 ГВт/год. К 2030 г. ЕС планирует довести мощности ветроэнергетики до 510 ГВт, что означает, что в отрасли должно устанавливаться 39 ГВт новых ветряных турбин каждый год.

Базирующаяся в ОАЭ компания по производству экологически чистой энергии *Masdar* и индонезийская государственная коммунальная компания *PLN* открыли в Индонезии плавучую солнечную электростанцию *Cirata* мощностью 145 МВт (192 МВт пик).

Индонезийский проект плавучей фотоэлектрической установки является крупнейшим в своем роде в регионе Юго-Восточной Азии. Вся произведенная электростанцией электроэнергия будет поставляться и продаваться компанией *PLN*, в соответствии с договором купли-продажи электроэнергии (PPA), подписанным в январе 2020 г.

В Марокко (Северная Африка) планируют довести долю ВИЭ до 52% к 2030 г. по сравнению с 37,6% в настоящее время, в основном за счет инвестиций в солнечные

и ветряные электростанции. Однако по солнечной энергии страна уже отстает от плана: при запланированных к вводу 2 ГВт к 2020 г. в настоящее время установлено всего 831 МВт. Ветер частично восполнил дефицит, но наиболее «грязные» угольные электростанции, по-прежнему, производят большую часть энергии в стране.

Интерес крупных компаний к сектору ветроэнергетики усиливается в *Бразилии*.

Следует отметить, что комбинация солнечной и ветровой генерации становится всё более популярным решением, имеющим множество преимуществ: она позволяет обеспечить плавный профиль выработки с небольшими суточными и сезонными колебаниями. Совместное размещение солнечных и ветровых установок обеспечивает рациональное использование земельных ресурсов, экономию на сетевой инфраструктуре и компонентах.

8.3 Основные проекты в области ВИЭ, реализуемые в России

По состоянию на 01 июля 2024 г., совокупная установленная мощность ВИЭ-генерации в энергосистеме РФ достигла 6,18 ГВт. При этом суммарный объем ветрогенерации в России – 2,218 ГВт, солнечной – 2,19 ГВт [24].

Только в 2022 г. в России было установлено 75 ВЭУ, что составляет 230 МВт мощности, 325 ВЭУ находятся на разных стадиях строительства, заморожено 286,1 МВт строящихся мощностей. В 2022 г. установленная мощность ВЭС в РФ по сравнению с уровнем 2021 г. выросла в 1,1 раза, а выработка ВЭС на оптовом рынке – в 1,5 раза.

Ввод крупных объектов ВИЭ в России по регионам показан в таблице 7.

Особый интерес представляет ввод крупных объектов ВИЭ в Сибири и на Дальнем Востоке, в регионах, где добывается уголь, в период до 2026 г. (таблица 8).

Перечисленные в таблице 8 солнечные и ветровые станции, хотя не такие мощные по установленной мощности, как во многих странах мира, тем не менее, смогут оказывать конкуренцию тепловым электростанциям, работающим на угле в Сибири и на Дальнем Востоке.

Таблица 7 – Ввод крупных объектов ВИЭ в России по регионам

Регион РФ	Объекты ВИЭ в России
Волгоград- ская область	ВЭС общей мощностью более 1 ГВт планируется построить к 2030 г. В 2027-2029 гг. в энергосистеме региона планируется ввести несколько ВЭС суммарной установленной мощностью 715,5 МВт. Планируется строительство <i>Новоалексеевской ВЭС</i> (мощностью 16,8 МВт со сроком ввода в 2024 г.) и <i>Ольховской ВЭС</i> (мощностью 307,8 МВт с вводом в эксплуатацию в 2025 г.), а также модернизация гидроагрегата №7 Волжской ГЭС с увеличением мощности на 6% – до 125,5 МВт в 2026 г.
Ростовская область	Лидер в области ВИЭ среди регионов России. За 2023 г. выработка электроэнергии ВЭС составила 1,8 млрд кВт.ч, В 2024 г. планируется увеличить ее до 1,9 млрд кВт.ч. В настоящее время в регионе – 6 ВЭС суммарной мощностью 610 МВт. АО "НоваВинд" и ПАО "Форвард Энерго" планируют до 2029 г. построить ВЭС суммарной мощностью до 750 МВт.
Ставрополь- ский край	За последние 4 года построено 7 ВЭС общей мощностью 765 МВт, в т.ч. крупнейший ветропарк России – <i>Кочубеевский</i> . Общая выработка «зеленой энергетики» в 2023 г. составила более 1,2 ГВт, в 2024 г. планируется рост до 2 ГВт. Росатом в 2024 г. ввел в эксплуатацию 2-ю очередь <i>Труновской ВЭС</i> , планируется ввод <i>Симоновской ВЭС</i> (мощностью 50 МВт).
Самарская область	Возрождается ветроэнергетический кластер суммарной мощностью 236,6 МВт. В кластер войдут <i>Гражданская ВЭС</i> , <i>Покровская ВЭС</i> и <i>Ивановская ВЭС</i> .
Республика Дагестан	Росатом в сентябре 2024 г. получил разрешение на строительство в Дагестане самой крупной в России <i>Новолакской ВЭС</i> (мощностью до 315 МВт; в 2026 г. – ввод в эксплуатацию).
Мурманская область	В 2023 г. ввели ВЭС мощностью более 200 МВт.
Республика Чечня	В Ачхой-Мартановском районе ГК «Хевел» планируется в 2024 г. ввести в эксплуатацию солнечную электростанцию (СЭС) мощностью 9,2 МВт.
Калинин- градская об- ласть	Современный производственный комплекс «ЭнКОР» по выпуску оборудования для солнечной энергетики (г. Черняховск) введен в эксплуатацию в 2023 г. Введена СЭС мощностью 200 МВт.
Чукотский автономный округ	Кроме имеющихся СЭС и ВЭС обсуждается строительство ветродизельных автономных гибридных энергетических установок (АГЭУ) в 9 удаленных селах.
Свердлов- ская область	Уникальная научно-исследовательская солнечная электростанция смонтирована прямо на фасаде 12-этажного учебного корпуса Уральского федерального университета. Это полотно из 144 панелей для улавливания солнечного излучения.
Херсонская область	Ветряные электростанции на юге Херсонской области находятся в исправном техническом состоянии, их подключают к единой энергосистеме Российской Федерации.

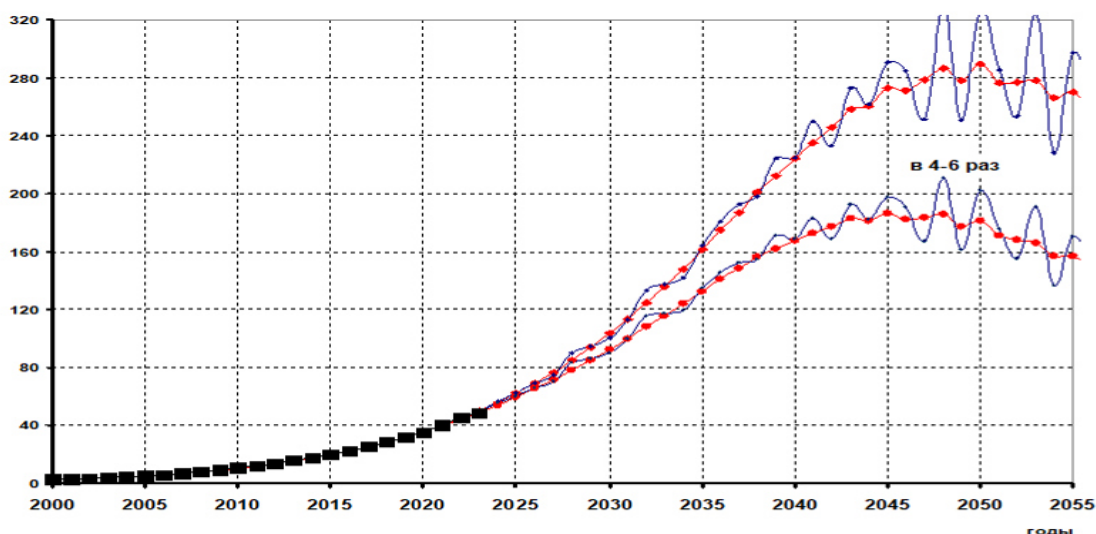
Таблица 8 – Ввод крупных объектов ВИЭ в Сибири и на Дальнем Востоке до 2026 г.

Регион России	Объекты ВИЭ
Республика Бурятия	Хоринская СЭС, Кабанская СЭС, Тарбагатайская СЭС, Кеяхтинская СЭС, Торейская* СЭС, Джидинская* СЭС, Удинская* №1 СЭС, Удинская* №2 СЭС, Прибайкальская* СЭС
Забайкальский край	Кенонская(Балей) СЭС, Ингодинская (Огловский ГОК) СЭС, Черновская* СЭС, Читинская* СЭС
Республика Алтай	Кош-Агачская №1 СЭС, Кош-Агачская №2 СЭС, Усть-Канская СЭС, Онгудайская СЭС, Майминская СЭС, Иниская СЭС, Усть-Коксинская СЭС, Чемальская СЭС
Алтайский край	Славгородский* ветропарк, Алейская ВЭС*, Кулундинский* ветропарк, Рубцовская* ВЭС, Хабары ВЭС, Камень-на-Оби* ВЭС, Ключевская* ВЭС, Ребрихинская* ВЭС, Чарышская* МГЭС, Красногородская МГЭС, Сибирячихинская* МГЭС
Республика Хакасия	Абаканская СЭС
Амурская область	Строительство ветропарка мощностью 1 ГВт в 2025-2026 гг.
Камчатский край	Мутновская ГеоЭС, Паужетская ГеоЭС, Кававля* МГЭС, Белая* МГЭС, Кинкиль* МГЭС, Большая Хапица* МГЭС, Россошина* МГЭС, Толмачевская* МГЭС, Приливная электроподстанция в с. Манилы*
Сахалинская область	Менделеевская ГеоТЭС, Кунашир* ВЭС
Приморский край	Строительство ветропарка мощностью 1 ГВт
Красноярский край	Первую СЭС, мощностью 1 ГВт, построят в 2025 г.
Омская область	Нововаршавская СЭС, Русско-Полянская* СЭС, Газпром-Авангард* СЭС
Хабаровский край	Росатом в сентябре 2024 г. получил разрешение на строительство ВЭС

Примечание: * энергообъекты, планируемые построить до 2026 г., согласно прошедшим конкурсным отборам и схемам развития электроэнергетики 24 регионов Сибири на 2021-2026 гг.

8.4 Прогноз мирового потребления энергии ВИЭ

Прогнозный коридор мирового потребления энергии ВИЭ, разработанный в ИНЭИ РАН, показан на рисунке 30.



Источник: ИНЭИ РАН

Рисунок 30 – Прогнозный коридор мирового потребления энергии ВИЭ (Ехajoules)

В соответствии с прогнозами ИНЭИ РАН, выполненными с применением методов интеллектуального анализа и моделирования, основанного на построении нейронных сетей, нами была разработана модель предусматривающая реализацию алгоритмов генерирования нейронной сетью прогнозной информации.

Информационное наполнение нейронных сетей осуществлялось с помощью статистических рядов за более чем 20-летний ретроспективный период времени.

Результаты нейронного моделирования указывают на то, что мировое потребление энергии ВИЭ будет расти, а затем практически выходит на «плато», которое будет продолжаться, примерно, до 2055 г.

«Красными» линиями указаны границы прогнозного коридора, «синими» – возможные отклонения от этих границ.

Следует отметить, что для более широкого использования ВИЭ во многих странах мира используется технология хранения энергии или аккумуляирования энергии.

8.5 Перспективные технологии и реализация проектов хранения и аккумуляирования энергии в мире

В связи с непрерывным развитием экономики и повышением осведомленности людей о защите окружающей среды технология хранения энергии (или аккумуляирования энергии) постепенно становится важным направлением развития энергетической отрасли.

Аккумуляция энергии – это технология и система оборудования, которые преобразуют, передают, переносят, управляют, регулируют, контролируют, и хранят энергию для удовлетворения потребностей людей в энергии, накапливая ее и высвобождая при необходимости, добиваясь при этом эффективного использования энергии.

Значение технологии хранения энергии включает в себя следующие аспекты:

1. Содействовать развитию возобновляемых источников энергии. Возобновляемые источники энергии, такие как солнце и ветер, непостоянны и нестабильны, что затрудняет удовлетворение пиков и перепадов спроса на энергию.

Технология хранения энергии может помочь сбалансировать спрос и предложение энергии, что позволяет более эффективно использовать возобновляемые источники энергии в общей энергетической системе. Кроме того, эта технология позволяет решать проблемы прерывистости возобновляемых источников энергии с помощью накопителей энергии:

- * со стороны производства электроэнергии накопители энергии могут быть использованы для решения проблемы нестабильности сети и отказа от ветра и электричества из-за непостоянства и колебаний в природе живописной генерации;

- * на стороне энергосистемы системы хранения энергии могут предоставлять вспомогательные услуги для поддержания стабильной работы энергосистемы;

- * со стороны пользователей системы накопления энергии в основном используются для «экономии пиковых нагрузок» с целью экономии электроэнергии, резервного питания, чтобы перебои в подаче электроэнергии не влияли на работу оборудования, и автономного питания.

2. Смягчить конфликт между спросом и предложением энергии. В пиковые периоды людям требуется большое количество энергии. Это требует выработки большого количества электроэнергии, в то время как в низкие периоды людям не требуется так много энергии. Технология накопления энергии позволяет хранить избыточную энергию в накопителях и высвобождать ее, когда это необходимо для удовлетворения спроса на энергию.

3. Улучшить использование энергии. Традиционные энергетические системы сталкиваются с проблемой нерационального использования энергии. Технология накопления энергии позволяет хранить избыточную энергию в накопителях, делая ее использование более эффективным и экономичным.

4. Улучшение качества и стабильности энергии: технология хранения энергии может отфильтровывать нестабильный ток и напряжение, обеспечивая тем самым качество и стабильность передачи электроэнергии.

На рисунке 31 схематически показано возможное решение проблемы прерывистости возобновляемой энергии с помощью накопителей энергии.



Рисунок 31 – Возможное решение проблемы прерывистости возобновляемой энергии с помощью накопителей энергии

Китай находится на 1-ом месте в мире по установленной мощности и емкости систем накопления энергии, намного опередив США по приросту в 2023 г.

По данным *Китайского альянса по хранению энергии (CNESA)*, по итогам 2023 г. установленная мощность систем накопления энергии (все типы, включая гидроаккумулирующие станции (ГАЭС) и тепловые хранилища электроэнергии) в 2023 г. в КНР составила 86,5 ГВт, что на 45% больше, чем в 2022 г.

В 2023 г. количество новых проектов по накоплению энергии в Китае превысило 2500, что на 46% больше, чем в 2022 г. Отмечается рост размеров проектов. В 2023 г. в КНР ввели в эксплуатацию более 100 объектов единичной мощностью более 100 МВт.

По состоянию на начало 2024 г., совокупная установленная мощность «новых технологий» (проектов) по хранению энергии, завершенных и введенных в эксплуатацию в КНР, достигла 31,39 ГВт. При этом средняя продолжительность хранения энергии невелика – 2,1 часа.

США в 2022 г. ввели в эксплуатацию рекордные 4027 МВт систем накопления энергии емкостью 12155 МВт*ч. (по данным *АСР*, – 16711 МВт), а в 2023 г. – еще около 9,4 ГВт накопителей энергии-батарей, т.е. больше, чем за все предыдущие годы.

Как показали проведенные исследования в *США*, накопители энергии дешевле и эффективнее «пиковых» газовых электростанций [25]. Несмотря на рост числа проектов, все они, вместе взятые, будут способны обеспечить хранение всего 244 млн т CO_2 .

Структура установленной мощности «новых технологий» хранения (аккумулирования) энергии, по состоянию на начало 2023 г., следующая:

- литий-ионные аккумуляторы – 97,4%;
- свинцово-кислотные батареи – 0,5%;
- пневматические системы – 0,5%;
- проточные аккумуляторы – 0,5%;
- прочие системы – 1,1%.

В 2024 г. Китайские компании *China Energy Construction Digital Group* и *Shandong Guohui* приступили к строительству комплекса *пневматических накопителей энергии* (мощностью 3060 МВт) в провинции Шаньдун. Ожидается, что партнёры построят три автономных энергоблока мощностью 660 МВт и три автономных энергоблока мощностью 360 МВт, то-есть общая установленная мощность составит 3060 МВт, она будет способна выдавать 4 миллиарда кВт*ч в год. Эффективность систем составит около 70%.

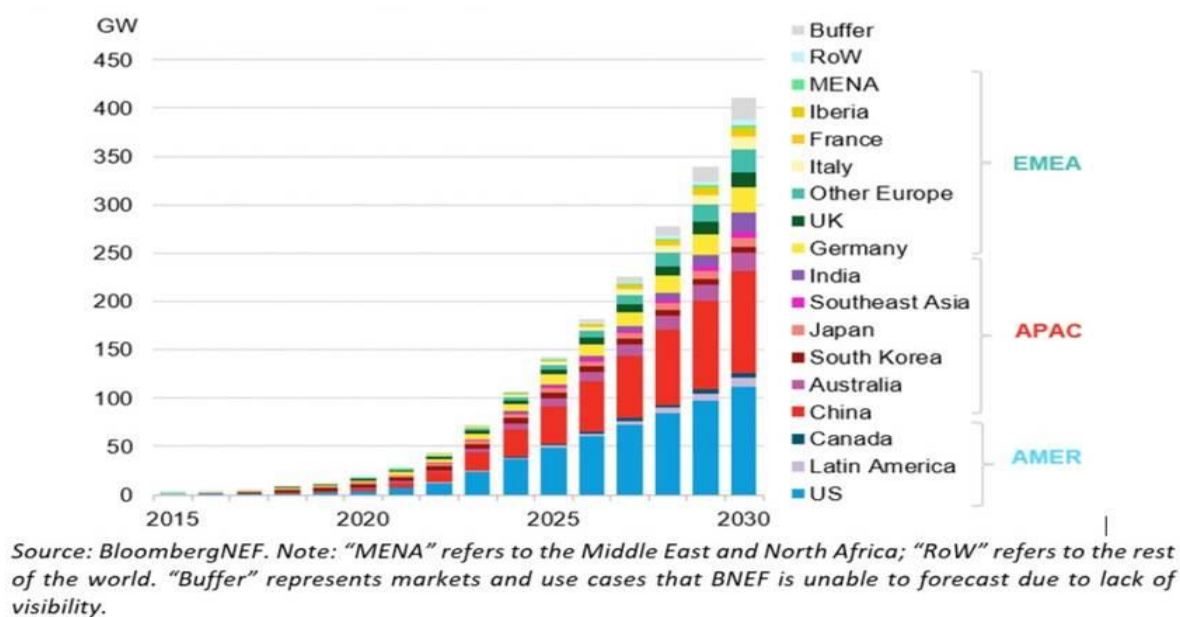
Пневматические накопители энергии (*CAES*), в которых сжатый воздух закачивается под землю, обладают низкой стоимостью ёмкости, но возможности их внедрения ограничены географией. В данном случае планируется задействовать «богатые ресурсы местных соляных шахт». Это, по мнению компании *China Energy Construction*, «первое в мире (комплектное) решение для системы хранения энергии на сжатом воздухе мощностью 660 МВт. Оно является инновационным, практичным и экономичным для решения проблемы хранения энергии с независимыми правами интеллектуальной собственности компании».

В настоящее время промышленные солнечные и ветровые электростанции всё чаще комбинируются с накопителями энергии (СНЭ).

По прогнозам *Bloomberg NEF*, к концу 2030 г. совокупная установленная мощность систем накопления энергии (СНЭ) в мире (не считая ГАЭС) может достигнуть 411 ГВт, а их ёмкость – 1194 ГВт*ч. Это в 15 раз больше, чем мощность/ёмкость накопителей (27 ГВт/56 ГВт*ч), работавших в 2021 г. (рисунок 32).

В период с 2022 по 2030 гг. в мире планируется установить около 387 ГВт/1143 ГВт*ч новых систем накопления энергии, это превысит 1 тераватт-часа, что больше, например, чем вся мощность электроэнергетики Японии.

При этом к концу 2030 г. большая часть накопителей энергии, построенных к 2030 г. – 61% мощности – будет обеспечивать так называемый сдвиг потребления электроэнергии. Совмещение проектов ВИЭ и СНЭ станет обычным явлением во всем мире.



Источник: ВР

Рисунок 32 – Совокупная установленная мощность систем накопления энергии (СНЭ) в мире (не считая ГАЭС) в период 2015-2030 г.

По прогнозам, США и Китай останутся двумя крупнейшими рынками по хранению энергии, на которые к концу десятилетия будет приходиться более 50% мировых установок по хранению энергии.

Так, согласно прогнозов Wood Mackenzie (июль 2022), к концу 2031 г. совокупная установленная мощность систем накопления энергии во всем мире достигнет 500 ГВт.

Компания Rethink Energy прогнозирует, что к 2031 г. ёмкость систем накопления энергии (СНЭ) в мире может составить 2327 ГВт*ч, а их установленная мощность – 690 ГВт.

В настоящее время в большинстве стран мира активно внедряются технологии производства и использования водорода для энергетических целей, которые могут представлять угрозу развитию угольной промышленности России.

9. Внедрение технологий производства и использования водорода для энергетических целей

9.1 Развитие водородной энергетики – угроза развитию угольной отрасли РФ

По мнению многих экспертов, водородная энергетика – основа экономики будущего, где «чистый» водород будет главным носителем для накопления, хранения и транспортировки энергии.

По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), водород сможет внести 10% вклада на пути к нулевому уровню выбросов CO₂, снижая углеродный след в тяжелой промышленности и дальнемагистральном транспорте, а также обеспечивая сезонное хранение энергии.

В настоящее время *Европейский инвестиционный банк* уже не финансирует угольные проекты, с 2021 г. прекратил финансирование нефтегазовой отрасли, в сооружение аэропортов – в конце 2022 г. К 2025 г. половину своих активов ориентирует на «зеленые» проекты, а к 2030 г. на «зеленые» проекты выделяет 1 трлн. евро.

Многие страны мира уже в 2020 г. начали снижать потребление угля и разрабатывать стратегии развития водородной энергетики. Так, в марте 2020 г. была утверждена *водородная стратегия Нидерландов*, в июне 2020 г. – *«Национальная водородная стратегия ФРГ»* и *Норвегии*, в июле 2020 г. – *Португалии* и *ЕС в целом*, в сентябре 2020 г. – *Франции*.

В сентябре 2024 г. была утверждена Концепция развития водородной энергетики в *Республике Казахстан* до 2030 г., что обеспечит достижение углеродной нейтральности и сокращение выбросов парниковых газов.

Германия и *Австралия* создали «водородный альянс», направленный на обеспечение импорта в ФРГ водорода, «производимого экологически безопасным способом, в больших количествах».

Лидер по реализации водородной энергетики – *Германия*, объявившая о полной декарбонизации к 2038 г., уже в 2023 г., в основном, создала всю необходимую инфраструктуру для импорта водорода. Кроме того, еще в августе 2021 г. Германия и Намибия подписали совместное коммюнике о намерениях установить *германо-намибийское водородное партнерство*, предполагающее поставку «чистого» водорода в ФРГ. Для этого рядом с побережьем Германии запланировано строительство терминала сжиженного природного газа (СПГ). Вследствие этого в ближайшие годы в Германии планируют отказаться от российского природного газа.

Существует большая угроза, что уголь будет замещаться ВИЭ и водородом.

В последние годы геологи предположили, что начинается новая энергетическая эра – эра так называемой «золотой лихорадки». По данным *Finantion Times*, со ссылкой на американских геологов, пока все занимаются построением «водородной экономики», создавая капиталоемкие мощности по производству «зеленого» (электролиз) или «синего» (риформинг с CCS) водорода, ученые внезапно стали говорить, что водород вполне можно добывать из недр. В подземных резервуарах, по данным Геологической службы США, в мире содержится около 5 триллионов тонн водорода [26].

Геологический водород представляет собой исключительную возможность производить «чистый» водород не только с низким уровнем выбросов углерода, но и с минимальным использованием земельных ресурсов, воды и низким потреблением энергии.

В настоящее время потребление водорода составляет около 90 млн т в год, и это преимущественно «серый» водород. К 2050 г. спрос на водород может значительно вырасти и, по прогнозам, потребление водорода составит от 300 до 700 млн тонн в год.

Поэтому, сложившаяся ситуация является крайне опасной для российских производителей угля, нацеленных на продвижение растущего в последнее десятилетие экспорта угля.

9.2 Анализ мировых проектов производства водорода

В Индии государственная газовая компания *GAIL* планирует ввести в эксплуатацию свою первую установку по производству «зеленого» водорода в 2024 г. В ближайшее пятилетие Индия стремится довести производства «чистого» водорода до 5 млн тонн в год. С этой целью из госбюджета республики будет выделено 180 млрд рупий (2,2 млрд долларов США). Планируется, что Индия станет глобальным центром производства, использования и экспорта экологически чистого водорода.

В октябре 2024 г. Индия одобрила три пилотных проекта по использованию «зеленого» водорода в производстве стали, на финансовую поддержку которых выделено около 41 млн дол. США.

Япония уверено идет к декарбонизации. *JERA* и *ExxonMobil* изучают возможность развития проекта по производству водорода и аммиака в США. В частности, по условиям соглашения *JERA* должна закупать около 500 тыс. т/год низкоуглеродистого аммиака, производимого в рамках проекта для удовлетворения спроса в Японии.

По данным *Reuters*, Япония, 5-ый по величине источник выбросов CO₂ в мире, продвигает аммиак в качестве альтернативного топлива, помогающего сократить выбросы CO₂ на угольных электростанциях и других заводах. В данном случае аммиак рассматривается как эффективный источник энергии будущего.

Японская энергетическая компания *JERA* и *ExxonMobil* изучат возможность развития проекта по производству водорода и аммиака в США. При сжигании он не выделяет углекислый газ, однако при его производстве выделяются выбросы, если производится с использованием ископаемого топлива.

В настоящее время *ExxonMobil* разрабатывает крупнейший в мире завод по производству низкоуглеродного водорода на своем комплексе в Бэйтауне (штат Техас, США). Планируется, что мощность завода будет составлять около 900 тыс. т/год низкоуглеродно-

го водорода; мощность производства низкоуглеродного аммиака – более 1 млн т/год; проект планируется начать в 2028 г.

ExxonMobil планирует производить водород совершенно традиционным методом – паровой конверсии метана, каким пользуются все нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ). При этом будет улавливаться CO₂, т.е. «серый» водород резко станет «голубым».

Минэнерго США выделило 750 млн долларов США на реализацию водородных проектов в 24 штатах. В настоящее время подавляющее большинство водорода в США производится электролизерами, работающими на ископаемом топливе, то-есть с постоянными выбросами.

Новые гранты могут способствовать США достичь цели Национальной стратегии «чистого» водорода, включая производство 10 млн тонн «зеленого» водорода (водорода, произведенного с помощью возобновляемых источников энергии) к 2030 г.

Компания *TECO 2030 (Осло, Норвегия)* получила от классификационного общества DNV сертификат принципиального одобрения (AiP) топливных систем на сжатом водороде, подтверждающий безопасность их применения на всех типах судов. Планируемая мощность топливных элементов составит 120 МВт в 2024 г., 400 МВт – в 2025 г., 1,6 ГВт – в 2030 г.

Общество DNV одобрило проект судовых топливных систем на сжатом водороде. Норвежская компания *TECO 2030* занимается разработкой альтернативных топливных решений для судовладельцев, соответствующих действующим и будущим международным стандартам экологичности операций.

Компания осуществляет в *Нарвике (Норвегия)* проект первого в Европе завода по производству модулей электролизеров с протонообменной мембраной. Планируемая мощность топливных элементов составит 120 МВт – в 2024 г., 400 МВт – в 2025 г., 1,6 ГВт – в 2030 г.

Германия начинает строить водородные заправки в 2024 г. Первую в ФРГ водородную заправку для грузовиков и легковушек начала строить немецкая компания *E.ON*, причем, водородную АЗС строят на бюджетные средства.

Немецкая компания *E.ON* приступила к возведению водородной АЗС для грузового и легкового автотранспорта в городской гавани Эссена. За грант в 23 млн евро от земли Северный Рейн-Вестфалия компания укрепляет водородную мобильность в регионе. Используя насосы на 350 и 700 бар на планируемой водородной заправочной станции, *E.ON* планирует обеспечить заправку всех автомобилей на топливных элементах, доступных на рынке.

Компания *Hydrogen Oman* подписала 6 соглашений с инвесторами из Бельгии, Нидерландов, Великобритании, Японии, Сингапура, Германии и др. стран о производстве зеленого водорода в Султанате Оман в объеме более 700 тыс. т зеленого водорода в год для внутреннего рынка и экспорта. Кроме того, еще в 2021 г. в Султанате Оман было объявлено о водородном («зеленом») проекте мощностью 25 ГВт и 3,5 ГВт с участием индийских инвесторов.

9.3 Основные проекты по использованию водорода в экономике России

В России активно осуществляется создание отечественного электролизера. Водородная энергетика в РФ может получить налоговые стимулы. Правительство России в настоящий момент разрабатывает меры по стимулированию отраслей водородной энергетики и системы накопления энергии.

В России в 2024 г. в *группе ГАЗ* допустили появление сертифицированного водородного автомобиля. При этом возникает вопрос: стоит ли ждать серийный выпуск уже в ближайшее время?

Водородный двигатель – это инновационная технология, которая работает на основе реакции между кислородом и водородом, не выделяя при этом углекислый газ или другие токсичные отходы, образуется только электричество и вода. Это существенно снижает загрязнение атмосферы. Двигатель, работающий на водороде, использует высокое давление для хранения газа, который затем смешивается с воздухом и воспламеняется свечой зажигания. Быстрое сгорание создает давление в камере, приводящее в движение поршни и коленчатый вал.

Учёные *МАИ* разработали новую технологию охлаждения электронных преобразователей водородных самолётов их же топливом (сжиженным водородом), за счёт которой можно снизить массу воздушного судна и увеличить продолжительность полёта. Создание самолёта с гибридной силовой установкой, использующей водород в качестве топливного элемента, – перспективное направление развития авиационной отрасли. Над проектами в этой области сегодня работают ведущие авиационные компании России и мира.

Согласно концепции развития водородной энергетики, к 2030 г. до 10% пассажирского транспорта планируется перевести на водород. Переход на водородную энергетику – эволюционный процесс, развитие массового производства такого транспорта существенно снизит зависимость от нефти и будет способствовать сохранению более чистой окружающей среды в будущем.

Гораздо больше возможностей для развития в области пассажирского транспорта, например, железнодорожного.

Компании *ТМХ, Росатом и РЖД* реализуют проект *рельсобуса* на водородном топливе. Эксперимент проходит на Сахалинской железной дороге.

Первый прототип *автобуса с водородным двигателем* был представлен «Камазом» в 2021 г., но уже в ближайшие годы автоконцерн планирует серийный выпуск *водоробусов на отечественных комплектующих*.

В 2023 г. ученые *Института нефти и газа Сибирского федерального университета* представили экспериментальный образец подобного двигателя для Арктики, который, благодаря своей энергоэффективности и экологичности, подходит для районов вечной мерзлоты. Он собран из отечественных комплектующих и не имеет аналогов в мире по своим характеристикам.

На *Сахалине* продолжается создание *водородного кластера "Южно-Сахалинский"*, его запуск возможен в 2024 г.

В рамках господдержки в 2022-2024 гг. Минпромторг РФ поддержал проекты в области водородной энергетики на сумму свыше 2,1 млрд руб.

Государственная корпорация "Росатом" планирует запуск завода по производству водорода на Сахалине в 2029 г. Мощность завода может составить до 36,5 тысяч т в год «голубого» водорода.

Поезда на водороде собирается запустить «*Трансмашихолдинг*» на Сахалине в 2025 г, а 1-ый локомотив на водороде – уже к 2026 г. Предполагается, что его испытания пройдут на Сахалине.

9.4 Базовые технологии производства водорода

Основными технологиями производства водорода в мире являются:

- *паровая конверсия природного газа /метана* – высокотемпературный процесс конверсии легких углеводородов в присутствии водяного пара и считается основным крупнотоннажным процессом производства водорода в мире;

- *газификация твердых топлив* – реакция угля с воздухом (или кислородом) и паром в газогенераторе при высоких температурах и давлении с получением синтез-газа с последующим выделением из него продуктового водорода. В качестве сырья могут использоваться также, кроме угля, торф, сланцы, тяжелые нефтяные остатки (мазут, гудрон, остатки вторичных процессов нефтепереработки), твердые бытовые отходы (ТБО), биосырье;

- *паровая конверсия метана /газификация угля с применением технологии утилизации углекислого газа* – технология улавливания, хранения и использования CO₂. Пред-

ставляет собой традиционную технологию производства водорода из природного газа и угля, дополненную системой улавливания углекислого газа;

– *электролиз воды* - процесс производства водорода непосредственно из воды с использованием вторичного источника энергии – электрического тока. Суть метода: вода помещается в электролизер, где под действием постоянного электрического тока разлагается на кислород и водород. Углеродный след водорода, получаемого электролизом, формируется за счет углеродного следа используемого электричества. Однако процесс производства этого вида водорода – достаточно энергоемкий и затратный процесс. Для производства 1 м^3 расходуется 2,5-8,0 кВт.ч – это в 3 раза больше, чем при пиролизе;

– *пиролиз* – процесс разложения метана на водород и чистый углерод, но только не в виде газа, а в твердом состоянии. При этом углекислый газ не выбрасывается в атмосферу, а складывается в твердом состоянии. Данный метод не требует улавливания и подземного хранения, поэтому может применяться в качестве промышленного материала для производства углеродных материалов.

Пиролиз может побороться с электролизом воды благодаря относительно недорогой технологии. Так, для получения 1 куб. м водорода методом пиролиза метана требуется всего 0,7-3,3 кВт.ч, а для электролиза – 2,5-8 кВт.ч. Если эти технологии довести до промышленного производства, то себестоимость его производства снизится.

Согласно исследований Международного совета по чистому транспорту, цена за 1 кг водорода, произведенного на гидролизере – 8,81 дол. США, а к 2050 г. она может снизиться до 5,77 дол. США за 1 кг [27].

При этом цена на 1 кг «голубого» водорода уже в настоящее время составляет 2,36 дол. США.

Если введут большой углеродный налог, то «грязный» водород вообще невыгодно будет производить независимо от себестоимости производства. Поэтому, скорее всего, акцент надо делать на производство «чистого» водорода («зеленого»).

9.5 Виды водорода и оценка стоимости их производства

К *низкоуглеродному* относится *водород*, произведенный с уровнем выбросов парниковых газов менее 36,4 CO₂экв/МДж H₂ (или 4,4 кг CO₂/кг H₂), полученный технологиями паровой конверсии метана и газификацией угля с применением CCUS, а также водород, полученный электролизом на базе электроэнергии АЭС, ГЭС, ВИЭ.

В зависимости от способа производства и величины углеродного следа различают:

– *«зеленый» водород*: получаемый в процессе электролиза воды с использованием электроэнергии ВИЭ, полученной из возобновляемых источников (энергии ветра, солнца,

волн), имеет минимальные выбросы CO₂ (расчетный углеродный след – около 19 кг CO₂/кг H₂). В Европе он считается основным;

– «серый» водород: с высоким углеродным следом (выше 36,4 CO₂экв/ МДж H₂), полученный традиционными способами – паровой конверсией метана из природного газа, либо угля (путем конверсии метана на крупнотоннажном производстве); это самый технологически «грязный» водород, при производстве которого происходят значительные выбросы парниковых газов; в настоящее время около 80% производимого водорода – это «серый» водород, который производят из метана для нефтеперерабатывающих заводов;

– «голубой» и «синий» водород: получают из природного газа с последующим преобразованием CO₂ в углерод по технологии CCS (*Carbon Capture and Sequestration*, улавливание и хранение водорода), но либо с технологией улавливания и последующего использования или захоронения углекислого газа, или с технологией, при которой углекислый газ не выделяется вовсе (пиролиз, пока реализовано только в лабораториях);

– «бирюзовый» водород: углеродно-нейтральный (менее 36,4 CO₂экв/ МДж H₂), полученный пиролизом метана. Финская компания *Hycamite* в 2024 г. начала проект по производству «бирюзового» водорода в объеме 6 тыс. т твердого углерода в год. К 2030 г. планирует производить более 14% «безуглеродного» водорода;

– «желтый» и «оранжевый» водород: углеродно-нейтральный, с минимальным углеродным следом (менее 36,4 CO₂экв/ МДж H₂), полученный электролизом с использованием электроэнергии, произведенной на АЭС; в разных странах мира в настоящее время не сформировалась единая позиция о долгосрочных перспективах производства и применения этого вида водорода;

– «бурый» водород: с максимально высоким углеродным следом (свыше 36,4 CO₂ экв/ МДж H₂), полученный газификацией или паровой конверсией угля.

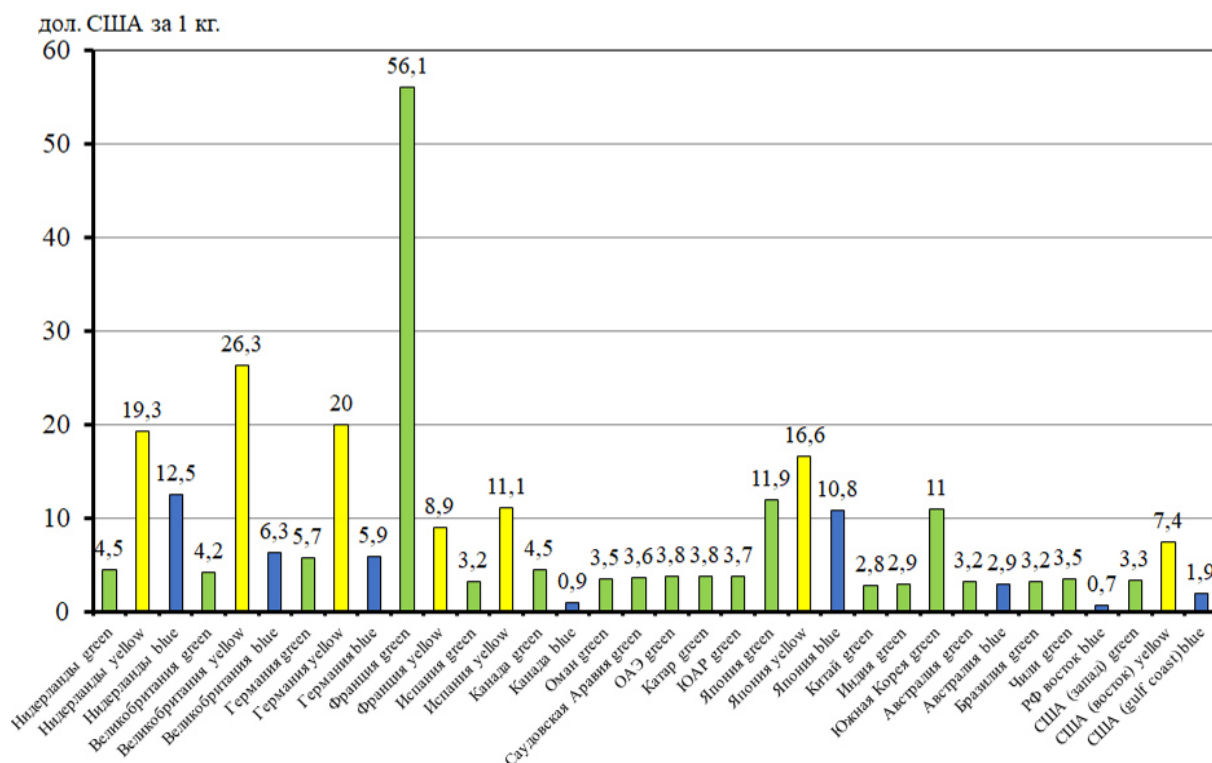
Однако процесс производства водорода в настоящее время – достаточно энергоемкий и, поэтому, затратный. Существует большая разница в стоимости производства водорода. Так, за 1 кг водорода надо будет заплатить при производстве «серого» водорода – 1-2 дол. США, «голубого» водорода – от 1,5 до 4 дол. США, а «зеленого» водорода – от 5 до 9 дол. США.

Тем не менее, существует тенденция к удешевлению «зеленого» водорода. ВИЭ дешевеет, и за 10 лет стоимость 1 кВт.ч упала в 10 раз, к тому же совершенствуется оборудование для производства водорода методом электролиза.

Поэтому, к 2040-2050 гг. производство «зеленого» водорода может существенно снизиться и даже сравняться с прочими видами водорода.

9.6 Ценовой ряд производства водорода в странах мира

Цены водорода в основных странах мира, (без учета технологии производства), дол. США/кг, исключая CAPEX (от англ. Capital Expense – капитальные затрат), по данным МЭА, представлены на рисунке 33.



Источник: IEA

Рисунок 33 – Цены водорода в основных странах мира, (без учета технологии производства), дол. США/кг, исключая CAPEX

В настоящее время цены производства водорода в мире достаточно высокие. Однако в дальнейшем ожидается, что они упадут.

По прогнозам МЭА, чтобы выполнить обязательства по борьбе с изменением климата, к 2030 г. нужно производить 34 млн т водорода с низким уровнем выбросов, а к 2050 г. – 100 млн т. Предпочтение будет отдаваться «голубому» и «зеленому» водороду. В настоящее время доля «голубого» водорода – менее 1%, а «зеленого» – около 0,1%.

Следует отметить, что кроме развития водородной энергетики в азиатской части России, а именно в Сибири, и на Дальнем Востоке намечено проведение газификации, связанной с размещением магистральных газовых коммуникаций вблизи крупных городов региона. Это также может оказать свое негативное значение на развитие добычи и экспорта российского угля.

10. Риск-факторы, сдерживающие перспективное развитие добычи и экспорта российского угля

10.1 Риск-факторы, определяемые действием основных угроз и вызовов развитию угольной отрасли

Проведенный анализ основных угроз и вызовов развитию угольной промышленности позволил установить основные риск-факторы, от которых будет зависеть развитие добычи и экспорта российского угля. Ими являются:

- нестабильность мировых цен на первичные энергоресурсы, их зависимость не только от экономических, но и от политических факторов;
- эмбарго на поставки российского угля в страны ЕС, отказ (снижение) некоторых стран Азии в российском угле сохранится еще многие годы;
- обострение конкуренции между источниками энергии на мировом рынке;
- переход на безуглеродную экономику и перспектива введения «углеродного» налога, приводящих к падению доли производства электроэнергии, вырабатываемой на угле;
- постепенное вытеснение угля из энергобаланса, с заменой его нетрадиционными источниками энергии, в особенности на солнечную и ветровую энергетику;
- ускоренный отказ от ископаемого топлива во многих странах мира;
- введение в странах ЕС ограничительных правил по выбросу метана, которые предусматривают введение с 2027 г. нормы в 5 тонн газа на 1 тысячу тонн добытого угля, кроме коксующегося, а с 2031 г. – 3 т метана на 1 тысячу тонн угля, включая коксующийся;
- развитие водородной энергетики, особенно в странах, являющихся потребителями российского угля;
- «сужение» географии экспорта угля;
- «уход» от углеродоемких технологий в металлургии;
- импортозависимость от зарубежных поставок горношахтного оборудования (от 90 до 100%) и изношенность оборудования и др.

10.2 Газификация регионов России как дополнительный фактор риска развития российской угледобычи

Вследствие реализации программы газификации страны внутреннее потребление угля продолжит свой понижающий тренд. Текущий средний уровень газификации в настоящее время составляет около 73 %.

По расчетам Минэнерго РФ, уровень потенциальной (технически осуществимой) газификации составляет 82,9%, и он будет достигнут к 2030 г.

Доступность «голубого» топлива выше в европейской части страны, а в азиатской части ситуация заметно хуже. Так, уровень газификации Красноярского края оценивается в 15–17%, а основным видом топлива для большинства жителей региона остается уголь.

Оставленные без газоснабжения российские регионы также ищут замену углю, отопление которым с точки зрения экологии и обеспечения местного населения – неэффективно.

Повышение уровня газификации и переход на альтернативные источники энергии в регионах, не затронутых газификацией, потенциально может снизить потребление угля в коммунально-бытовом секторе, по нашим расчетам, на 13,3 млн т. Кроме того, перевод угольных ТЭС на газ может высвободить еще около 72 млн т угля в период до 2050 г.

Суммарное снижение внутреннего потребления энергетического угля к 2050 г. может составить 85,3 млн т, или около 20% от текущих значений его добычи. При этом доля угля в энергобалансе России может снизиться до 10%.

Таким образом, проведенный анализ основных угроз и вызовов, влияющих на развитие угольной промышленности, показал, что в мире нет единодушного мнения, как будет в долгосрочном перспективном периоде развиваться угольная промышленность в основных странах мира, включая и Россию.

Поэтому, ниже представлено прогнозное видение развития добычи угля некоторыми мировыми организациями и странами, а также показаны прогнозы добычи и экспорта в мире и России, разработанные в ИНЭИ РАН.

11. Перспективы развития добычи угля в мире

11.1 Прогнозное видение развития добычи угля международными организациями и правительствами стран мира

Снижение выбросов углекислого газа, в соответствии с целями Парижского соглашения, потребует более быстрого сокращения использования угля.

Прогнозируемое снижение мирового спроса на уголь, начиная с 2024 г., который в настоящее время является основным топливом для производства электроэнергии, стали и цемента, по мнению МЭА, «может стать историческим поворотным моментом, и на этот раз снижение спроса на уголь носит более структурный характер». Объясняется это тем, что, с одной стороны, уголь является крупнейшим источником выбросов углекислого газа, увеличивающих антропогенную нагрузку на окружающую среду, а с другой – происходит

структурное снижение этого вида топлива в основных странах мира и переход на другие источники энергии.

По прогнозам *Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA)*, рекордное количество новых солнечных панелей и ветряных турбин, наряду с восстановлением гидроэнергетики и неуклонно растущей ядерной генерации, означают, что низкоуглеродная энергетика, вероятно, перекроет рост потребления электроэнергии.

По мнению *Bloomberg*, «дни угля сочтены»:

- * достижения в области солнечной энергии и ветра сделали эти технологии намного дешевле угольной в большинстве частей мира,

- * аналогичные достижения в области аккумуляторов и систем хранения энергии могут, наконец, сделать круглосуточную возобновляемую энергию достаточно доступной,

- * это преобразует энергетический баланс.

Франция и *США*, продвигают план под названием «Новая политика исключения использования угля», подразумевающий резкое ограничение денежных вложений со стороны финансовых учреждений и страховых компаний и запрет на частные инвестиции в угольную отрасль.

В США, в отличие от СПГ и нефти, на мировом рынке американский уголь продается плохо. Он не конкурентоспособен по цене и качеству, а внутренний рынок ставит на газ и ВИЭ. Поэтому, уголь направляется на внутренний рынок, в основном, для ТЭС. Однако из-за изменения правил работы рынка приоритет в генерации электроэнергии отдан ВИЭ. Это приводит к тому, что коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) угольных ТЭС падает по мере роста числа ветровых и солнечных установок. Из базовой генерации угольные ТЭС превращаются в балансирующую.

В то же время в США имеется дешевый газ, который стимулирует развитие парогазовой генерации. При тех же КИУМ со скачками спроса газовые турбины справляются лучше и несут прибыль. В итоге ежегодно в США сносится несколько угольных ТЭС, а отрасль добычи и переработки угля деградирует. Если тренд сохранится, то к концу десятилетия от Углепрома США останется половина.

По данным *Минэнерго США*, в 2024 г. производство угля в США может сократиться до 440 млн т, то-есть до самого низкого уровня за прошедшие 60 лет.

Финляндия, по данным статистического управления страны, продолжила стратегию по полному отказу от угля к 2029 г. В 2023 г. потребление этого вида топлива сократилось на 42%.

Правительство *Индии* планирует создать внутренние запасы угля в объеме до 2,5 млрд тонн к 2030-2032 годам, а затем приостановить добычу угля, как минимум, на 10 лет, в частности, к 2027 г. – 1,4 млрд т запасов угля, к 2030 г. – 1,5 млрд т запасов угля.

По *прогнозам МЭА*, добыча угля в мире к 2026 г. может снизиться на 2,6%, до 8,28 млрд т. Падение спроса на уголь будет обусловлено значительным расширением мощностей ВИЭ, из которых более половины этого глобального увеличения мощностей придется на Китай. В результате ожидается, что спрос на уголь в КНР снизится в 2024 г., примерно, на 2% и далее стабилизируется в период до 2026 г.

11.2 Прогнозы добычи и экспорта угля в мире и России, разработанные в ИНЭИ РАН

Со своей стороны авторы данной работы разработали в ИНЭИ РАН свои прогнозы развития добычи угля в основных странах мира и России.

Прогнозные расчеты выполнены с применением методов интеллектуального анализа и моделирования, основанного на построении нейронных сетей.

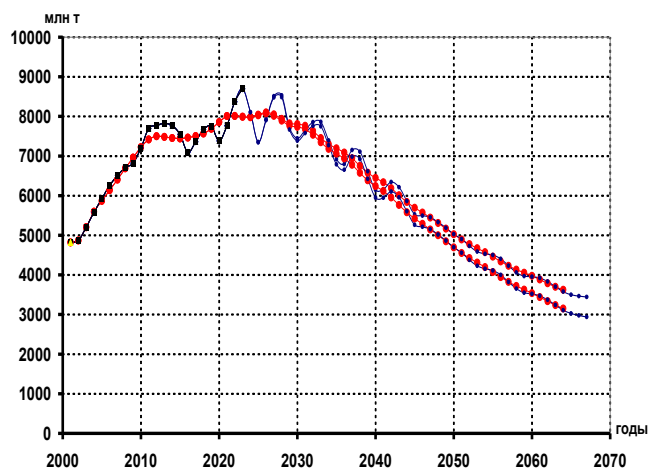
Информационное наполнение нейронных сетей осуществлялось с помощью статистических рядов за более чем двадцатилетний ретроспективный период времени.

Разработанная нами модель предусматривает реализацию алгоритмов генерирования нейронной сетью прогнозной информации. При этом процесс генерирования этой информации сопровождался самообучением нейронной сети, основанном на применении метода «обратного» прогнозирования. Подобные методы позволяют осуществлять корректировку прогнозных результатов, на основе их конверсии в разряд исходных параметров модели, а ретроспективных значений, наоборот – в разряд прогнозных. При этом методами имитационного моделирования достигалось максимальное соответствие конверсионных прогнозных параметров показателей их ретроспективным значениям.

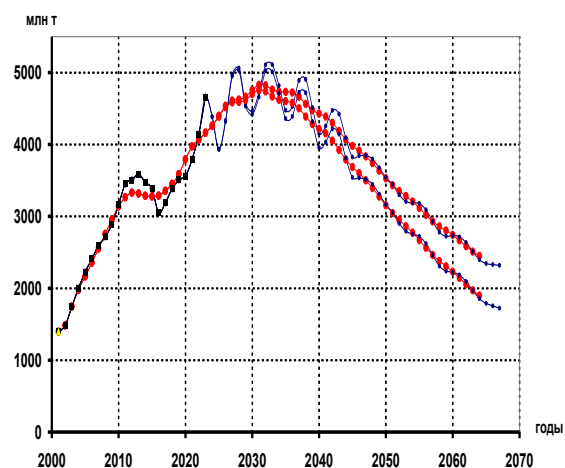
Результаты нейронного моделирования указывают на то, что *мировая добыча угля* практически выходит на «плато», которое будет продолжаться, примерно, до 2030 г. После этого периода, вероятнее всего, мировая добыча угля будет системно сокращаться, и к 2060 г. может снизиться более чем в 2 раза.

На рисунке 34 показаны прогнозы добычи угля в целом по миру и по отдельным странам в долгосрочной перспективе.

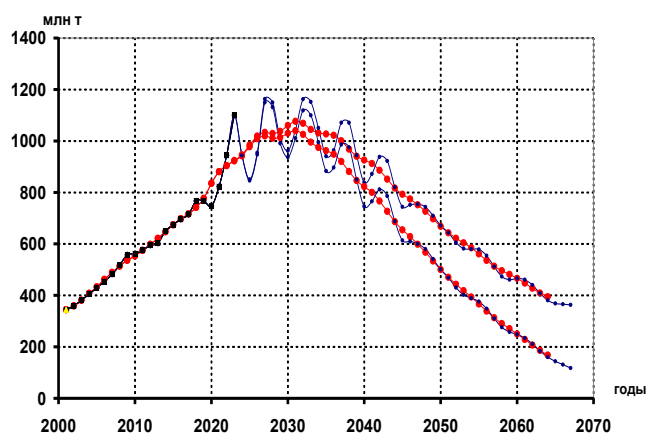
Следует отметить, что «красными» линиями указаны границы прогнозного коридора, «синими» – возможные отклонения от этих границ.



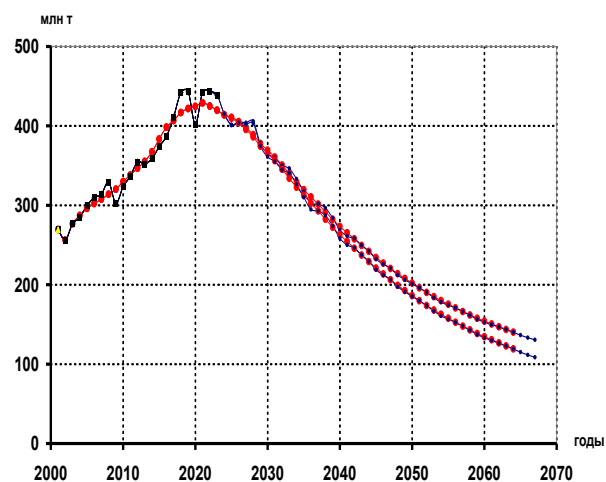
а) всего в мире



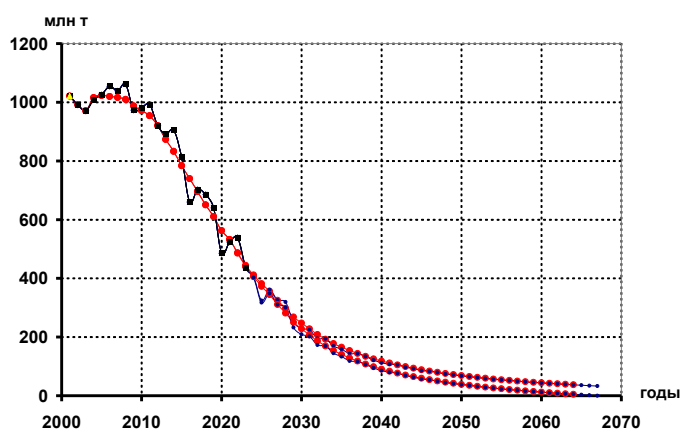
б) в Китае



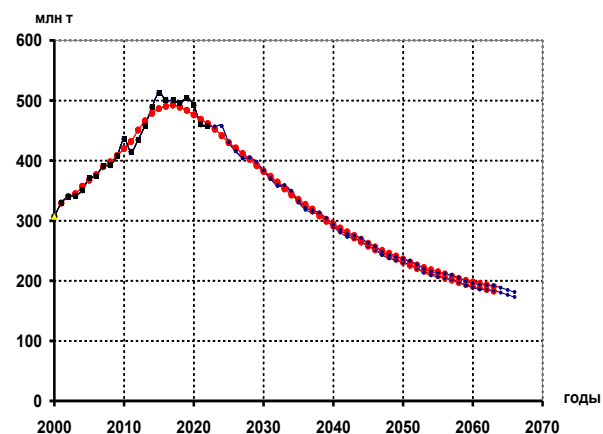
в) в Индии



г) в России



д) в США



е) в Австралии

Источник: IEA, прогнозы ИНЭИ РАН

Рисунок 34 – Прогнозы добычи угля в целом по миру и по отдельным странам в долгосрочной перспективе

В соответствии с прогнозами ИНЭИ РАН, добыча угля в *Китае*, по всей вероятности, в ближайшем периоде времени будет нарастать. Однако, на рубеже 2030-2035 гг. она

достигнет своего максимума, после которого, в соответствии с общемировыми тенденциями, начнется процесс ее системного падения.

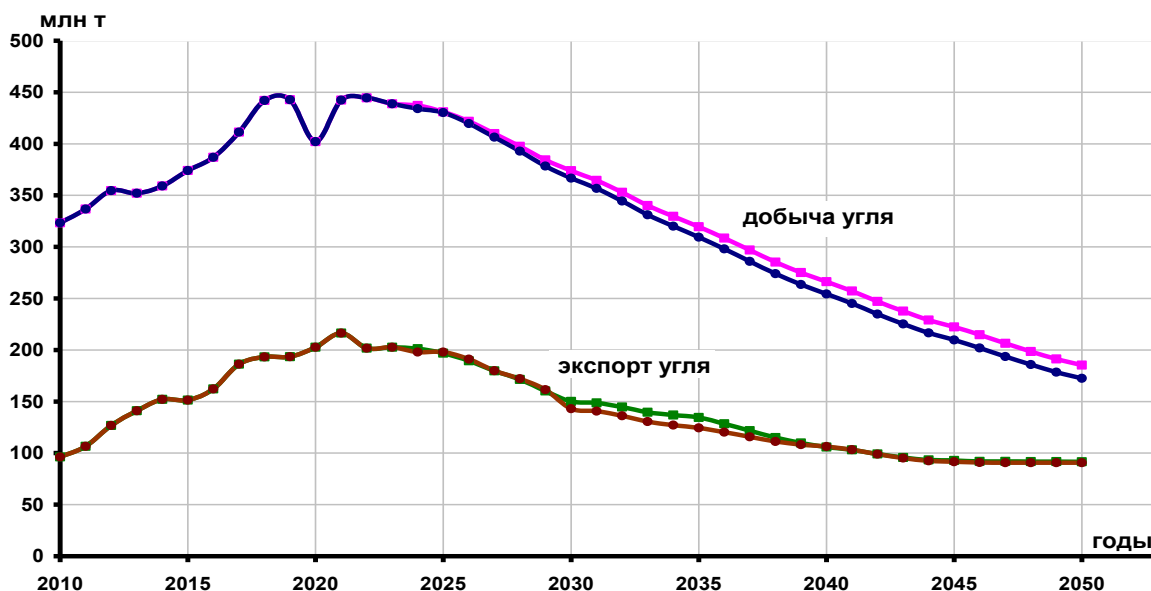
Добыча угля в *Индии*, по всей вероятности, в краткосрочной перспективе будет нарастать. Однако, на рубеже 2030-2035 гг. она достигнет своего максимума, после которого, в соответствии с общемировыми тенденциями, начнется процесс ее системного падения.

В *США* добыча угля демонстрирует резкое падение, вероятно, обусловленное переходом экономики к ускоренной ее декарбонизации и достижению минимальных значений уже в период 2045-2050 гг.

Добыча угля в *Австралии* в настоящем периоде, фактически, вышла на «плато», и в перспективном периоде следует ожидать ее системное сокращение (более чем в 2-х кратное к 2060 г.).

Добыча угля в *России* и *Австралии* подчиняется почти одной и той же тенденции. В настоящем периоде добыча угля в *России*, фактически, вышла на «плато», и в перспективном периоде следует ожидать ее системное сокращение (более чем 2-х кратное к 2060 г.).

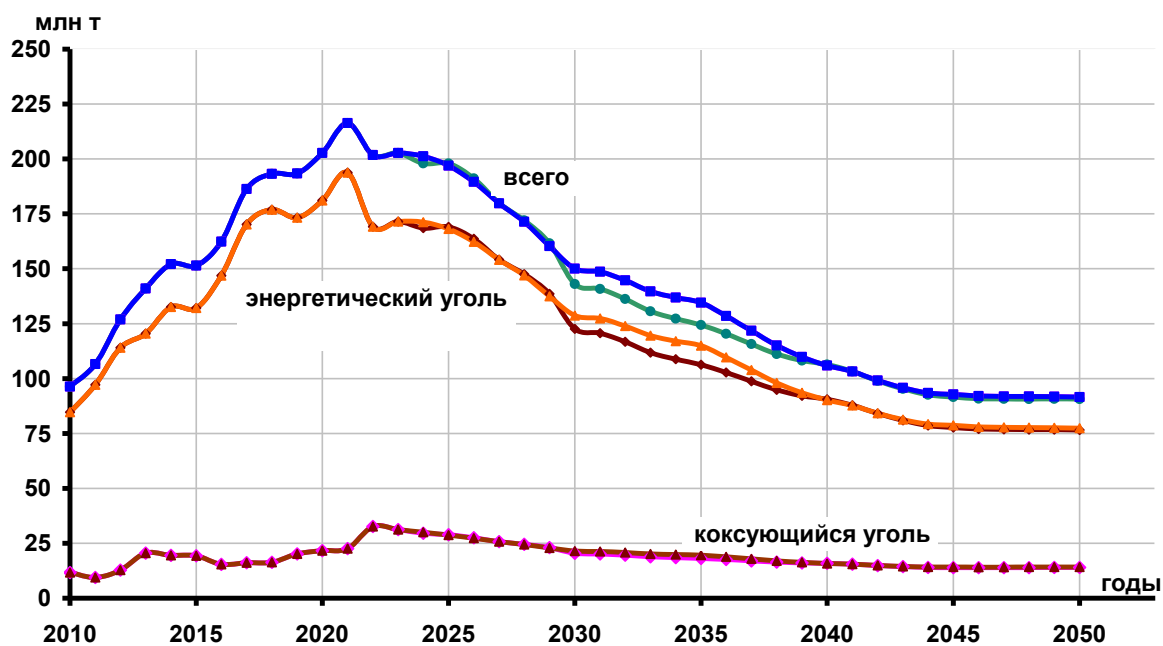
На рисунке 35 показаны прогнозы добычи и экспорта всего российского угля в период до 2050 г.



Источник: ИНЭИ РАН, ЦДУ ТЭК

Рисунок 35 – Прогнозы добычи и экспорта российского угля в период с 2010 по 2050 г.

Прогнозный коридор экспорта коксующегося и энергетического экспорта российского угля приведен на рисунке 36.



Источник: ИНЭИ РАН, ЦДУ ТЭК

Рисунок 36 – Прогнозный коридор экспорта всего российского угля, включая коксующийся и энергетический в период с 2010 по 2050 г.

Таким образом, прогнозные коридоры добычи и экспорта угля в России в 2035 и 2050 г. представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Прогнозные коридоры добычи и экспорта угля в России в 2035 и 2050 г.

	2035 г.	2050 г.
Добыча угля, всего, млн т	309-320	172-185
Экспорт угля, всего, млн т	124-135	90-92
из них:		
энергетический уголь	106-115	76-77
кокующийся уголь	18-20	14-15
Доля экспорта угля, %	40,1-42,2	52,3-49,7

Заключение

Анализ развития добычи и экспорта угля в России и мире показал, что в прошедшие два года с момента принятия эмбарго стран ЕС и Великобритании, растущая декарбонизация мировой экономики, предполагающая необходимость снижения выбросов CO₂, а также достижение углеродной нейтральности в настоящее время не оказали столь существенного влияния на российскую угольную отрасль, как надеялись зарубежные страны. Так, добыча и экспорт угля в России за этот период существенно не изменились.

Однако в долгосрочном перспективном периоде в угольной отрасли России могут значительно усилиться влияние угрозы и вызовы, среди которых можно выделить:

- отказ Китая и Индии – главных импортеров российского угля – после 2030 г. от существенных по объему экспортных поставок угля в связи с переходом их на ВИЭ, а также на водородную и ядерную энергетику;
- рост количества прочих стран, также снижающих закупки российского угля в связи с ростом солнечной, ветровой энергетики, что в итоге может привести к значительным потерям объемов экспортных поставок;
- высокая зависимость российских углепроизводителей от поставок импортного оборудования, которая, при введении санкционных ограничений на поставки его в Россию, может привести к существенным ограничениям в оснащении угольных предприятий современной высокопроизводительной техникой;
- нестабильная ценовая конъюнктура, которая, в совокупности с ценовыми дисконтами отечественных углепроизводителей, может привести к тому, что экспорт российского угля станет окончательно нерентабельным;
- растущие темпы декарбонизации основных углепотребляющих стран и переход к безуглеродной экономике, которая приведет к снижению спроса на уголь, в т.ч. и на российский.

Отдельно следует отметить мировую климатическую повестку, как фактор сдерживания развития добычи и потребления угля не только на внешнем, но и внутреннем рынках.

Россия, которая также присоединилась к Парижскому соглашению и заявила о возможном сокращении выбросов парниковых газов, вынуждена будет выполнять эти решения. Это возможно будет путем переориентации внутреннего рынка потребления энергии угля в большей мере на солнечную, ветровую, водородную и ядерную энергетику.

Анализ ввода проектов ВИЭ в России показывает, что растущие мощности солнечной и ветровой энергетики, в конечном итоге, могут привести к замещению ими угольной

энергетики. Реализация планов по дальнейшей газификации азиатской части страны также может снизить спрос на уголь на внутреннем рынке.

Результаты нейронного моделирования указывают на то, что мировая добыча угля практически выходит на «плато», которое будет продолжаться, примерно, до 2030 г. После этого периода, вероятнее всего, мировая добыча угля будет системно сокращаться, и к 2060 г. может снизиться более чем в 2 раза (см. рисунок 36).

Добыча угля в Китае, по всей вероятности, в ближайшем периоде времени будет нарастать. Однако, на рубеже 2030-2035 гг. она достигнет своего максимума, после которого, в соответствии с общемировыми тенденциями, начнется процесс ее системного падения.

Добыча угля в Индии, по всей видимости, в краткосрочной перспективе будет нарастать. Однако, на рубеже 2030-2035 гг. она достигнет своего максимума, после которого, в соответствии с общемировыми тенденциями, начнется процесс ее системного падения.

В США добыча угля демонстрирует резкое падение, вероятно, обусловленное переходом экономики к ускоренной ее декарбонизации и достижению минимальных значений уже в период 2045-2050 гг.

Добыча угля в Австралии в настоящем периоде, фактически, вышла на «плато», и в перспективном периоде следует ожидать ее системное сокращение (более чем в 2-х кратное к 2060 г.).

Добыча угля в России и Австралии подчиняется почти одной и той же тенденции.

В настоящее время добыча угля в России, фактически, вышла на «плато», и в перспективном периоде следует ожидать ее системное сокращение (более чем 2-х кратное к 2060 г.). При этом экспорт российского угля также может сократиться к 2050 г. более чем в 2 раза по сравнению с нынешним уровнем (см. таблицу 6 и рисунки 35 и 36).

Падение добычи угля в этих странах приведет также и к сокращению объемов импорта и экспорта угля в перспективном периоде и необходимости перехода на альтернативные виды топлива и ядерную энергетику.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Систематизация компаний (заводов) по основной номенклатуре производства и ремонта горношахтного оборудования, размещенных в регионах РФ

№ п/п	Компании (заводы)	Типы производимого горношахтного (ГШО) оборудования в России
1	2	3
<i>Центральный ФО</i>		
1	ЗАО «Узловский машино-строительный завод»	производит очистные механизированные комплексы для подземной добычи угля (на пластах мощностью от 0,85 м до 5,2 м, с углами падения до 30°) для оснащения механизированных лав (длиной до 250 м); выпускает различные варианты исполнений комплексов с крепями оградительно-поддерживающего и поддерживающе-оградительного типов: «ОКП70», «КМ700/800», «1 КМ 144», «КМ500», «2М138К», «3М138К» и др.; производит очистные узкозахватные комбайны «К10ПМ» с бесцепной системой подачи; выпускает ленточные конвейеры
2	ЗАО «Скопинский завод горношахтного оборудования»	выпускает передвижные скребковые конвейеры и скребковые перегружатели
3	ООО «Калужские конвейерные системы»	изготавливает и поставляет ленточные конвейеры и комплектующие к ним
4	ООО «Завод ГШО»	производит и поставляет ленточные конвейеры, конвейерные ролики, амортизирующие ролики, роликоопоры, барабаны приводные и не приводные для ленточных конвейеров; предприятие также поставляет конвейеры в сборке и др.
5	ООО «Машиностроительный завод «Тонар»	изготавливает карьерные самосвалы (грузоподъемностью 45 тонн), технологический транспорт и др.
6	ЗАО «Ясногорский механический завод»	производит широкий спектр насосного и горношахтного оборудования серийного производства; выпускает электровозы шахтные аккумуляторные РП, электровозы аккумуляторные РВ, машины погрузочные шахтные, парашюты шахтные, амортизаторы, различные подвесные устройства, клетки шахтные, скипы шахтные и др.
7	ООО «Тульский завод горношахтного оборудования (одно из ведущих предприятий группы компаний «Горная Техника») (ООО «ТЗГШО»)	выпускает и поставляет горношахтное оборудование, используемое при проходке вертикальных стволов, а также строительстве метрополитенов и шахт; осуществляет модернизацию шахтных аккумуляторных электровозов; производит гировозы

Продолжение приложения 1

1	2	3
8	ПАО «Агрегатный завод»	изготавливает гидроцилиндры и гидродомкраты для механизированных крепей; стойки гидравлические и призабойные и др.
9	ОАО «Истринский опытный завод «Углемаш»	выпускает детали анкерного крепления шахт, обогатительные гидроциклоны, шламовые насосы
10	ООО «Спецтехномонтаж»	проектирует и производит нестандартное горнообогатительное оборудование и запчасти к нему для угольной промышленности, черной и цветной металлургии, добычи ценных минералов и золота, добычи нерудных материалов; оборудование и запчасти к нему для энергетики
11	ЗАО «Родниковский машиностроительный завод» (РМЗ, РУП «Родник»)	изготавливает пневматическое оборудование для подземных горных предприятий, в т.ч. перфораторы, пневмоподдержки, пневмомоторы, горные сверла, пневмопробойники, бурголовки, пилы, запасные части и комплектующие к ним и др.
12	ООО «Рудгормаш»	производит и реализует буровое, горношахтное оборудование, включая станки буровые шарошечные с электрическим и дизельным приводом, предназначенные для бурения скважин (диаметром от 160 до 311 мм и глубиной до 60 м); выпускает вагоны шахтные самоходные, устройства для передвижения вагонов; обогатительное оборудование, включая грохоты, сепараторы, питатели, оборудование для обезвоживания, вакуум-фильтры, погрузочно-транспортные машины, машины для доставки людей и грузов в шахтах (подземных рудниках)
13	ООО Завод «Дробильного Сортировочного Машиностроения- групп (ООО Завод «ДСМ-Групп»)	изготавливает горнопромышленное оборудование, дробильно-сортировочные комплексы
14	ООО «ПП ШЭЛА»	осуществляет проектные работы и производит шахтное рудничное электрооборудование низкого и среднего напряжения (6-10 кВ) для предприятий горной промышленности, а также для объектов промышленного и гражданского строительства
15	ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (ООО «СОЭЗ»)	производит оборудование для проходки горных выработок и их эксплуатации (стволопроходческое, тоннелепроходческое оборудование); рудничный транспорт; оборудование для шахтного подъема и т.п.); однако в произведенных заводом машинах применяются комплектующие ведущих зарубежных производителей

Продолжение приложения 1

1	2	3
<i>Южный ФО</i>		
16	ООО «Завод им. М.И. Калинина»	изготавливает и поставляет проходческие комбайны («П110» и «П220»), подъемные машины, бады, проходческие лебедки, запчасти к шагающим экскаваторам и др.
17	АО «Завод имени М.И.Платова»	выпускает шахтные клетки, а также приспособления для шахтного подъема; вентиляторы и прочее вентиляционное оборудование; вагонетки, а также другое горношахтное оборудование (очистное, насосное и транспортное (подземное); горно-режущий инструмент; оборудование для обогащательных фабрик и установок
18	ООО «Электромеханический завод «Амплитуда»	осуществляет производство и капитальный ремонт аккумуляторных и контактных электровозов, изготовлению комплектующих деталей и электрооборудования к ним с целью максимального удовлетворения потребностей угольной и других отраслей горной промышленности в надежном локомотивном транспорте
<i>Северо-Западный ФО</i>		
19	ЗАО «Шахтинский завод горношахтного оборудования»	выпускает пускатели рудничные взрывозащитные, автоматические выключатели взрывозащитные, агрегаты пусковые шахтные
20	ООО «ИЗ-КАРТЭКС» имени П.Г. Коробкова» (образовано на базе ОАО «Ижорские заводы», входящее в группу ОМЗ – Объединенные машиностроительные заводы)	изготавливает одноковшовые карьерные экскаваторы («прямые лопаты») 7 базовых моделей и 16 их модификаций (с ковшами от 5 до 20 (25) м ³); является лидером на российском рынке карьерных экскаваторов; экскаватор «ЭКГ-18Р» – первый российский экскаватор, спроектированный полностью с применением новейших технологий 3D-проектирования, кроме того, с 2015 г. выпускает экскаватор-гигант «ЭКГ-32Р» (рабочая масса – 1030 т., суточная производительность – около 25 тыс. куб. м) и др.; производит дробильно-размольное оборудование; шахтные подъемные машины; буровые станки
21	АО «Петербургский тракторный завод»	производит фронтальные колесные погрузчики, бульдозеры

Продолжение приложения 1

1	2	3
<i>Приволжский ФО</i>		
22	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ»)	выпускает ленточные конвейеры (с шириной ленты до 2000 мм для транспортировки каменного угля и др. материалов (максимальная длина только одного конвейера может достигать 2500 метров и более, в зависимости от профиля трассы); тяжелые питатели с различной шириной пластинчатого полотна; контактные электровозы (со сцепной массой от 4 до 20 тонн); породопогрузочные машины на рельсовом ходу, предназначенные для проходки новых подземных выработок; дизелевозы «Д10Г»; грузовые вагонетки; любое нестандартное оборудование и запасные части к нему и др. оборудование
23	ООО «Аткарский машиностроительный завод» «Ударник-Пром»	выпускает комплектующие для ГШО (насосные установки, приводы червячные, рычажные, канатные)
24	АО «Завод Красный якорь»	производит высокопрочные цепи для ГШО, скребки кованые
25	АО «Тяжмаш»	выпускает конвейеры ленточные; мельницы, дробилки
26	ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения»	изготавливает буровые станки
27	ПАО «КАМАЗ»	выпускает самосвалы, седельные тягачи, спецтехнику
28	ЗАО «Завод «Физоптика» – современное инновационное предприятие	разрабатывает волоконно-оптические гироскопические датчики, применяемые в проходческих буровых установках в горнодобывающей отрасли России и во многих странах мира. Производитель последовательно снабжает свои машины <i>искусственным интеллектом</i> .
29	ОАО «Промтрактор»	осуществляет производство отечественных бульдозеров «ЧЕТРА Т35»; реализует проекты по сбору карьерных самосвалов, в т.ч. на базе дочерних предприятий ПАО «КАМАЗ»
30	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК»)	производит вагонетки для перевозки людей и вагонетки шахтные грузовые; опрокидыватели; проходческое оборудование; погрузочные машины; питатели качающиеся и вибрационные; редукторы, лебедки
31	АО «Копейский машиностроительный завод»	производит и поставляет комбайны проходческие, машины погрузочные, врубовые установки и прочее оборудование для подземной разработки угля, калийной руды и каменной соли

Продолжение приложения 1

1	2	3
<i>Уральский ФО</i>		
32	ООО «Челябинский тракторный завод» – УРАЛТРАК (ЧТЗ)	выпускает бульдозеры, фронтальные погрузчики и другую спецтехнику
33	ПАО «Уралмашзавод»	изготавливает карьерные экскаваторы (электрические, канатные, карьерные, гусеничные) – 7 базовых моделей и 16 их модификаций (с ковшами от 5 до 25 м ³) для горнодобывающих предприятий; выпускает дробильно-размольное оборудование (конусные дробилки среднего и мелкого дробления, щековые дробилки), дробильно-перегрузочные установки, мельницы; производит шахтные подъемные машины и прочее оборудование; осуществляет цифровизацию производственных процессов
34	АО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ»	выпускает вентиляторы главного проветривания шахт, рудников и технологических объектов промышленных предприятий
35	ООО «ДСТ-УРАЛ»	производит спецтехнику и бульдозеры 5 тяговых классов массой до 40 тонн; техника используется как крупными предприятиями добывающих отраслей России, так и небольшими частными компаниями, работающими в горнодобывающей сфере, дорожном строительстве, золотодобыче, коммунальном хозяйстве. Создан новый бульдозер «ДСТ-УРАЛ» – полностью отечественная разработка, линейка «Д9», «Д10», «Д12»; бульдозер «Д25» – наиболее тяжелая техника, оснащен гидроскопической трансмиссией «Borsch-Rexroth» и прочее оборудование
36	АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (АО «КМО»)	производит и поставляет внутри России и на экспорт горношахтное оборудование (электровозы контактные «ЗКРА-600», конвейерное оборудование и др.); твердосплавный буровой инструмент; буровое оборудование; обогатительное оборудование и прочее
37	АО «Синара-Транспортные Машины (АО «СТМ»)), входит в Холдинг «Синара»	выпускает 60 видов машин, в т.ч. электровозы, тепловозы, путевая техника, дизели и дизель-генераторы, электропоезда и прочее оборудование. АО «СТМ» – лидер по производству локомотивов для промышленных предприятий. Изготавливает и поставляет локомотивы серии «ТЭМ7А» для разрезов компании АО ХК «Сибирский Деловой Союз» (угольный разрез «Черниговский» (Кемеровская область), а также готова производить локомотивы серии «ТЭМ14» и «ТЭМ9» для угольных разрезов

Продолжение приложения 1

1	2	3
<i>Сибирский ФО</i>		
38	ООО «Завод «Красный Октябрь»	изготавливает и поставляет телескопические ленточные конвейеры, перегружатели, буровые станки и др.
39	ООО «Юргинский машиностроительный завод» (ООО «Юргмаш»)	выпускает механизированные крепи; проходческие комбайны («КПЮ-50» и «КПЮ-100»); очистные комбайны («К750-Ю»), оснащенные электронной системой управления; конвейеры; перегружатели; дробилки; ковши для экскаваторов; гидравлические подъемники; гидростойки и др.
40	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш»)	производит конвейеры (скребковые, ленточные), буровые станки, дробилки, буровые станки для дегазации, механизированные крепи и др.
41	ОАО «Томский электромеханический завод имени В.В. Вахрушева»	изготавливает горношахтное оборудование, включая вентиляторы, пневмоинструменты, гидроинструменты, вентиляторы главного проветривания и др.
42	ООО «Бородинский ремонтно-механический завод»	изготавливает запчасти к горнодобывающей технике, тепловозам, думпкарам, к ковшовым, роторным и шагающим экскаваторам; шламовые насосы; запчасти к ковшам экскаваторов зарубежного производства и др.
43	ООО «Иркутский завод тяжелого машиностроения - Инжиниринг» (ОАО «ИЗТМ»)	завод охватывает весь цикл создания сложного промышленного оборудования (горно-обогатительного, для черной и цветной металлургии и др. смежных отраслей): разработку проекта, внедрение его в производственную цепочку заказчика, выбор технологий, производство, контроль качества на всех этапах изготовления, поставку, пуско-наладочные работы, гарантийное обслуживание и обучение персонала заказчика
44	ООО «ГОРМАШ Дарасун»	производит погрузочные машины, бурильные установки, перегружатели, вагонетки шахтные, буровые коронки и др.
45	АО «Кемеровский механический завод»	выпускает детали шахтного оборудования
46	АО «Кемеровский завод химического машиностроения»	производит платформы для карьерных автосамосвалов БелАЗ, машины смесительно-зарядные, штанги буровые и др.

Продолжение приложения 1

1	2	3
47	ООО «Киселевский завод горного оборудования»	выпускает скипы, толкатели, устройства загрузочные, клетки, комплексы переустановок вагонеток, прицепные устройства и др.
48	ОАО «Завод Гидромаш-НК»	производит гидромониторы, дробильное оборудование, коронки проходческих комбайнов, дороги подвесные, моноканатные, арматуру трубную, форсунки и др.
49	ООО «Усольмаш»	выпускает вагонетки шахтные, клетки шахтные, обогатительное оборудование (насосы, флотомшины
50	АО «Черногорский ремонтно-механический завод»	осуществляет ремонт горного, транспортного и другого технологического оборудования, машин и механизмов, электротехнического оборудования и др.
51	ОАО «Томусинский ремонтно-механический завод»	производит ремонт ГШО, производство запчастей для всех видов карьерных отечественных экскаваторов и буровых станков, импортной горной техники
52	ООО "Джой Глобал" (Joy Global (Кузбасс))	выполняет ремонт оборудования «Joy» и «P&H», производит самоходные электрические вагоны
53	ЗАО «Научно-производственное предприятие Алтик»	производит стеклопластиковые трубы для шахтных водоотливов
54	ООО «Анжеро-шахтсервис»	выпускает конвейеры скребковые и комплектующие к ним
55	ЗАО «ПО «Электроточприбор»	изготавливает газоанализаторы «СПУТНИК-1», взрывозащищенные светодиодные светильники
56	ЗАО «Спецтехномаш»	выпускает горношахтное и горнообогатительное оборудование, оборудование пробоподготовки, занимается освоением 5 модернизацией существующих видов оборудования
<i>Дальневосточный ФО</i>		
58	Нерюнгринский ремонтно-механический завод – филиал ООО «Мечел-Ремсервис»	осуществляет капитальные и текущие ремонты оборудования, изготовление, восстановление деталей и узлов горной техники и обогатительного оборудования, сборку новой техники
69	АО «Магаданский механический завод»	производит оборудование для обогащения горной массы
60	Группа компаний «Амурский металлист»	машиностроительный производственно-торговый холдинг, специализирующийся на производстве и реализации оборудования для предприятий горнодобывающего, угольного, золотодобывающего, мостостроительного, дорожно-строительного комплексов России и других стран

Приложение 2 – Основные виды горношахтного оборудования (ГШО), производимого российскими компаниями (заводами) в соответствии с их функциональным назначением

Виды ГШО, производимого (ремонтируемого) в России, согласно функционального назначения	Компании (заводы) по производству и ремонту российского ГШО
1	2
I Оборудование для вскрытия и подготовки запасов угля	
<i>Вскрывающее горные выработки и проходческое оборудование</i>	
оборудование, используемое при проходке вертикальных стволов, а также при строительстве шахт	ООО «Тульский завод горношахтного оборудования (одно из ведущих предприятий группы компаний «Горная Техника») (ООО «ТЗГШО») (Центральный ФО)
оборудование для проходки горных выработок и их эксплуатации (стволопроходческое, тоннелепроходческое оборудование)	ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (ООО «СОЭЗ») (Центральный ФО)
<i>Бурильные установки (буровые станки)</i>	
буровые станки	ООО «ИЗ-КАРТЭКС» имени П.Г. Коробкова» (образовано на базе ОАО «Ижорские заводы», входящее в группу ОМЗ – Объединенные машиностроительные заводы) (Северо-Западный ФО)
буровые станки	ОАО «Бузулукский завод тяжелого машиностроения» (Приволжский ФО)
буровое оборудование, твердосплавный буровой инструмент	АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (АО «КМО») (Уральский ФО)
буровое горношахтное оборудование, включая станки буровые шарошечные с электрическим и дизельным приводом, предназначенные для бурения скважин (диаметром от 160 до 311 мм и глубиной до 60 м)	ООО «Рудгормаш» (Центральный ФО)
буровые станки, буровые станки для дегазации и др.	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш») (Сибирский ФО)
буровые станки	ООО «Завод «Красный Октябрь»» (Сибирский ФО)
бурильные установки	ООО «ГОРМАШ Дарасун» (Сибирский ФО)
<i>Проходческие комбайны</i>	
проходческие комбайны («П110» и «П220»), проходческие лебедки	ООО «Завод им. М.И. Калинина» (Южный ФО)
проходческие комбайны, врубовые установки и др.	АО «Копейский машиностроительный завод» (Уральский ФО)
проходческое оборудование	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)
проходческие комбайны («КПЮ-50» и «КПЮ-100»)	ООО «Юргинский машиностроительный завод» (Юргмаш) (Сибирский ФО)

Продолжение приложения 2

II Выемочное оборудование (непосредственно осуществляющее процесс добычи угля)	
<i>Очистные комбайны</i>	
очистные узкозахватные комбайны «К10ПМ» с бесцепной системой подачи	ЗАО «Узловский машиностроительный завод» (Центральный ФО)
очистные комбайны («К750-Ю»), оснащенные электронной системой управления	ООО «Юргинский машиностроительный завод» (Юргмаш) (Сибирский ФО)
врубовые машины	АО «Копейский машиностроительный завод» (Уральский ФО)
<i>Очистные механизированные комплексы, включая механизированные крепи, ленточные (скребковые) конвейеры</i>	
очистные механизированные комплексы для подземной добычи угля (на пластах мощностью от 0,85 м до 5,2 м, с углами падения до 30°) для оснащения механизированных лав (длиной до 250 м); различные варианты исполнений комплексов с крепями оградительно-поддерживающего и поддерживающе-оградительного типов: «КМ700/800», «0КП70», «2М138К», «1 КМ 144», «КМ500», «ЗМ138К» и др.	ЗАО «Узловский машиностроительный завод» (Центральный ФО)
<i>Скребковые конвейеры и скребковые перегружатели</i>	
передвижные скребковые конвейеры и скребковые перегружатели	ЗАО «Скопинский завод горношахтного оборудования» (Центральный ФО)
скребковые конвейеры и комплектующие к ним	ООО «Анжеро-шахтсервис» (Сибирский ФО)
скребковые конвейеры	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш») (Сибирский ФО)
<i>Механизированные крепи</i>	
механизированные крепи; перегружатели и др.	ООО «Юргинский машиностроительный завод» (Юргмаш) (Сибирский ФО)
горные крепи, стойки призабойные, гидравлические	УПП «НИВА» (ООО «Белгидравлика») (Центральный ФО)
механизированные крепи	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш») (Сибирский ФО)
<i>Агрегаты для выемки угля без постоянного присутствия людей в очистном забое (безлюдная выемка)</i>	
<i>Цифровое оборудование</i>	
волоконно-оптические гироскопические датчики, применяемые в проходческих буровых установках в горнодобывающей отрасли России. Машины снабжаются искусственным интеллектом (в три этапа), безлюдная выемка	ЗАО «Завод «Физоптика» – современное инновационное предприятие (Приволжский ФО)

Продолжение приложения 2

Осуществляет цифровизацию производственных процессов	ПАО «Уралмашзавод» (Уральский ФО)
<i>Карьерные экскаваторы</i>	
одноковшовые карьерные экскаваторы («прямые лопаты») 7 базовых моделей и 16 их модификаций (с ковшами от 5 до 20 (25) м ³)	ООО «ИЗ-КАРТЭКС» имени П.Г. Коробкова» (образовано на базе ОАО «Ижорские заводы», входящее в группу ОМЗ – Объединенные машиностроительные заводы) (Северо-Западный ФО)
карьерные экскаваторы (электрические, канатные, карьерные, гусеничные, шагающие драглайны) – 7 базовых моделей и 16 их модификаций (с ковшами от 5 до 25 м ³) для горнодобывающих предприятий	ПАО «Уралмашзавод» (Уральский ФО)
<i>Бульдозеры</i>	
бульдозеры	АО «Петербургский тракторный завод» (Северо-Западный ФО)
производство бульдозеры отечественные «ЧЕТРА Т35»	ОАО «Промтрактор» (Приволжский ФО)
сборка карьерных самосвалов, в т.ч. на базе дочерних предприятий ПАО «КАМАЗ»	ОАО «Промтрактор» (Приволжский ФО)
бульдозеры	ООО «Челябинский тракторный завод» – УРАЛТРАК (ЧТЗ) (Уральский ФО)
III Погрузочное оборудование	
<i>Погрузочные машины</i>	
погрузочные машины, перегружатели	ООО «ГОРМАШ Дарасун» (Сибирский ФО)
погрузочные машины	АО «Копейский машиностроительный завод» (Уральский ФО)
погрузочные машины шахтные	ЗАО «Ясногорский механический завод» (Центральный ФО)
породопогрузочные машины на рельсовом ходу, предназначенные для проходки новых подземных выработок	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
погрузочные машины	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)
погрузочно-транспортные машины	ООО «Рудгормаш» (Центральный ФО)
<i>Фронтальные погрузчики</i>	
фронтальные погрузчики	ООО «Челябинский тракторный завод» – УРАЛТРАК (ЧТЗ) (Уральский ФО)
фронтальные колесные погрузчики	АО «Петербургский тракторный завод» (Северо-Западный ФО)

Продолжение приложения 2

IV Транспортное оборудование	
<i>Конвейерный транспорт</i>	
<i>Ленточные конвейеры</i>	
ленточные конвейеры и комплектующие к ним	ООО «Калужские конвейерные системы» (Центральный ФО)
ленточные конвейеры	ЗАО «Узловский машиностроительный завод» (Центральный ФО)
ленточные конвейеры и комплектующие к ним, конвейеры в сборке и др.	ООО «Завод ГШО» (Приволжский ФО)
ленточные конвейеры и др.	АО «Тяжмаш» (Приволжский ФО)
ленточные конвейеры (с шириной ленты до 2000 мм для транспортировки каменного угля и др. материалов; максимальная длина только одного конвейера может достигать 2500 метров и более, в зависимости от профиля трассы)	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
телескопические ленточные конвейеры, перегружатели и др.	ООО «Завод «Красный Октябрь» (Сибирский ФО)
ленточные конвейеры	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш») (Сибирский ФО)
конвейерное оборудование и др.	АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (КМО) (Уральский ФО)
<i>Рельсовый транспорт (электровозы шахтные, контактные электровозы, породопогрузочные машины для проходки новых подземных выработок)</i>	
электровозы шахтные аккумуляторные РП, электровозы аккумуляторные РВ, машины погрузочные шахтные	ЗАО «Ясногорский механический завод» (Центральный ФО)
электровозы контактные «ЗКРА-600»	АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (АО «КМО») (Уральский ФО)
маневрово-вывозные тепловозы (локомотивы) серии «ТЭМ7А», «ТЭМ14» и «ТЭМ9» для угольных разрезов	АО «Синара-Транспортные Машины» (АО «СТМ») (Уральский ФО)
модернизация шахтных аккумуляторных электровозов	ООО «Тульский завод горношахтного оборудования (одно из ведущих предприятий группы компаний «Горная Техника») (ООО «ТЗГШО») (Центральный ФО)
контактные электровозы (со сцепной массой от 4 до 20 тонн)	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
опрокидыватели	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)

Продолжение приложения 2

гировозы	ООО «Тульский завод горношахтного оборудования (входит в группу «Горная Техника») (ООО «ТЗГШО») (Центральный ФО)
вагоны шахтные самоходные, устройства для передвижения вагонов	ООО «Рудгормаш» (Центральный ФО)
машины для доставки людей и грузов в шахтах	ООО «Рудгормаш» (Центральный ФО)
вагонетки шахтные грузовые и вагонетки для перевозки людей	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)
вагонетки шахтные, клетки шахтные	ООО «Усольмаш» (Сибирский ФО)
вагонетки шахтные	ООО «ГОРМАШ Дарасун» (Сибирский ФО)
вагонетки грузовые	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
<i>Колесный транспорт</i>	
<i>Карьерные автосамосвалы большегрузные (самосвалы)</i>	
карьерные самосвалы (грузоподъемностью 45 тонн), технологический транспорт и др.	ООО «Машиностроительный завод «Тонар» (Центральный ФО)
самосвалы	ПАО «КАМАЗ» (Приволжский ФО)
седельные тягачи	ПАО «КАМАЗ» (Приволжский ФО)
<i>Подвесной (канатный) транспорт</i>	
клетки шахтные, скипы шахтные, парашюты шахтные, амортизаторы, различные подвесные устройства	ЗАО «Ясногорский механический завод» (Центральный ФО)
оборудование для шахтного подъема	ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (ООО «СОЭЗ») (Центральный ФО)
шахтные клетки, приспособления для шахтного подъема	АО «Завод имени М.И.Платова» (Южный ФО)
подъемные машины, бабьи	ООО «Завод им. М.И. Калинина» (Южный ФО)
шахтные подъемные машины	ООО «ИЗ-КАРТЭКС» имени П.Г. Коробкова» (образовано на базе ОАО «Ижорские заводы», входящее в группу ОМЗ – Объединенные машиностроительные заводы) (Северо-Западный ФО)
шахтные подъемные машины	ПАО «Уралмашзавод»
<i>Гусеничный транспорт</i>	
бульдозеры «ДСТ-УРАЛ» – полностью отечественная разработка, линейка «Д9», «Д10», «Д12»; бульдозеры «Д25»	ООО «ДСТ-УРАЛ» (Уральский ФО)

Продолжение приложения 2

гусеничные карьерные экскаваторы для горнодобывающих предприятий	ПАО «Уралмашзавод» (Уральский ФО)
гусеничные вездеходы	машиностроительная компания «Витязь», дочернее предприятие ООО «ЧТЗ-УРАЛТРАК» (Приволжский ФО)
<i>Технологический транспорт</i>	
технологический транспорт	ООО «Машиностроительный завод «Тонар» (Центральный ФО)
рудничный транспорт	ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (ООО «СОЭЗ») (Центральный ФО)
<i>Дробильно-сортировочное и дробильно-размольное оборудование</i>	
дробильно-сортировочные комплексы	ООО Завод «Дробильного Сортировочного Машиностроения- групп (ООО Завод «ДСМ-Групп») (Центральный ФО)
дробильно-размольное оборудование	ООО «ИЗ-КАРТЭКС» имени П. Г. Коробкова» (образовано на базе ОАО «Ижорские заводы», входящее в группу ОМЗ – Объединенные машиностроительные заводы) (Северо-Западный ФО)
дробильно-размольное оборудование (конусные дробилки среднего и мелкого дробления, щековые дробилки), дробильно-перегрузочные установки, мельницы	ПАО «Уралмашзавод» (Уральский ФО)
мельницы, дробилки	АО «Тяжмаш» (Приволжский ФО)
дробилки	ОАО «Анжерский машиностроительный завод» (ОАО «Анжеромаш») (Сибирский ФО)
дробильное оборудование	ОАО «Завод Гидромаш-НК» (Сибирский ФО)
<i>Обогатительное оборудование</i>	
нестандартное горнообогатительное оборудование и запчасти к нему для угольной промышленности	ООО «Спецтехномонтаж» (Сибирский ФО)
весь цикл создания сложного горнообогатительного оборудования: от его проекта до создания и пуско-наладочных работ и обслуживания и обучения персонала	ООО «Иркутский завод тяжелого машиностроения - Инжиринг» (ОАО «ИЗТМ») (Сибирский ФО)
оборудование для обогащения горной массы	АО «Магаданский механический завод» (Дальневосточный ФО)
обогатительное оборудование, включая грохоты, сепараторы, питатели, оборудование для обезвоживания, вакуум-фильтры	ООО «Рудгормаш» (Центральный ФО)
обогатительное оборудование	АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (АО «КМО») (Уральский ФО)

Продолжение приложения 2

оборудование для обогатительных фабрик и установок	АО «Завод имени М.И.Платова» (Южный ФО)
обогащительное оборудование (флотомашин и др.)	ООО «Усольмаш» (Сибирский ФО)
тяжелые питатели с различной шириной пластинчатого полотна	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
питатели качающиеся и вибрационные	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)
<i>Вентиляционное оборудование</i>	
вентиляторы главного проветривания шахт, рудников и технологических объектов промышленных предприятий	АО «Артемковский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» (Уральский ФО)
вентиляторы, гидроинструменты, вентиляторы главного проветривания и др.	ОАО «Томский электромеханический завод имени В.В. Вахрушева» (Сибирский ФО)
вентиляторы и прочее вентиляционное оборудование	АО «Завод имени М.И.Платова» (Южный ФО)
<i>Насосное оборудование</i>	
широкий спектр насосного и горношахтного оборудования серийного производства	ЗАО «Ясногорский механический завод» (Центральный ФО)
насосные станции высокого давления	УПП «НИВА» (ООО «Белгидравлика») (Центральный ФО)
насосные установки	ООО «Аткарский машиностроительный завод» «Ударник-Пром» (ООО АМЗ «Ударник-Пром») (Приволжский ФО)
насосное оборудование	АО «Завод имени М.И.Платова» (Южный ФО)
насосы	ООО «Усольмаш» (Сибирский ФО)
шламовые насосы	ООО «Бородинский ремонтно-механический завод» (Сибирский ФО)
<i>Электрооборудование</i>	
шахтное рудничное электрооборудование низкого и среднего напряжения (6-10 кВ) для предприятий горной промышленности	ООО «ПП ШЭЛА» (Центральный ФО)
газоанализаторы «СПУТНИК-1», взрывозащищенные светодиодные светильники	ЗАО «ПО «Электроточприбор» (Сибирский ФО)
<i>Пневматическое оборудование</i>	
для подземных горных предприятий, в т.ч. перфораторы, пневмоподдержки, пневмомоторы, горные сверла, пневмопробойники, буровые головки, пилы, запасные части и комплектующие к ним и др.	ЗАО «Родниковский машиностроительный завод» (РМЗ, РУП «Родник») (Центральный ФО)

Продолжение приложения 2

для подземных горных предприятий, в т.ч. перфораторы, пневмоподдержки, пневмомоторы, горные сверла, пневмопробойники, буровые головки, пилы, запасные части и комплектующие к ним и др.	ОАО «Томский электромеханический завод имени В.В. Вахрушева» (Сибирский ФО)
<i>Гидрооборудование и гидроинструменты</i>	
гидроинструменты	ОАО «Томский электромеханический завод имени В.В. Вахрушева» (Сибирский ФО)
гидроавтоматика, гидроцилиндры и др.	УПП «НИВА» (ООО «Белгидравлика») (Центральный ФО)
<i>Ремонт ГШО и производство запчастей и отдельных деталей для ГШО</i>	
детали шахтного оборудования	АО «Кемеровский механический завод» (Сибирский ФО)
запчасти к горнодобывающей технике, тепловозам, думпкарам, к ковшовым, роторным и шагающим экскаваторам; запчасти к ковшам экскаваторов зарубежного производства и др.	ООО «Бородинский ремонтно-механический завод» (Сибирский ФО)
комплектующие для ГШО (насосные установки, приводы червячные, рычажные, канатные)	ООО «Аткарский машиностроительный завод» «Ударник-Пром» (ООО АМЗ «Ударник-Пром») (Приволжский ФО)
высокопрочные цепи для ГШО, скребки кованые	АО «Завод Красный якорь» (Приволжский ФО)
запчасти к шагающим экскаваторам и др.	ООО «Завод им. М.И. Калинина» (Южный ФО)
ремонт горного, транспортного и другого технологического оборудования, машин и механизмов, электротехнического оборудования и др.	АО «Черногорский ремонтно-механический завод» (Сибирский ФО)
ремонт ГШО, производство запчастей для всех видов карьерных отечественных экскаваторов и буровых станков, импортной горной техники	ОАО «Томусинский ремонтно-механический завод» (Сибирский ФО)
ремонт оборудования «Joy» и «P&H»	ООО "Джой Глобал" (Joy Global (Кузбасс)) (Сибирский ФО)
ремонт ГШО, изготавливает металлургические конструкции (ставы для шахтных конвейеров) серии «КС-1000», «КС-1200», «КС-1400», «КС-1600»	ООО «НГМНУ» – Назаровское горномонтажное наладочное управление – сервисное предприятие компании АО «СУЭК» (Сибирский ФО)
стеклопластиковые трубы для шахтных водоотливов	ЗАО «Научно-производственное предприятие Алтик» (Сибирский ФО)
капитальные и текущие ремонты оборудования, изготовление, восстановление деталей и узлов горной техники и обогащенного оборудования, сборка новой техники	Нерюнгринский ремонтно-механический завод – филиал ООО «Мечел-Ремсервис» (Дальневосточный ФО)

Продолжение приложения 2

изготовление гидроцилиндров и гидродомкратов для механизированных крепей; стойки гидравлические и призабойные и др.	ПАО «Агрегатный завод» (Центральный ФО)
горно-режущий инструмент	АО «Завод имени М.И.Платова» (Южный ФО)
пускатели рудничные взрывозащитные, автоматические выключатели взрывозащитные, агрегаты пусковые шахтные	ЗАО «Шахтинский завод горношахтного оборудования» (Южный ФО)
производство и капитальный ремонт аккумуляторных и контактных электровозов, изготовлению комплектующих деталей и электрооборудования к ним	ООО «Электромеханический завод «Амплитуда» (Южный ФО)
редукторы; лебедки	ЗАО «Западно-Уральский машиностроительный концерн» (ЗАО «ЗУМК») (Приволжский ФО)
любое нестандартное оборудование и запасные части к нему	ОАО «Александровский машиностроительный завод» (ОАО «АМЗ») (Приволжский ФО)
перегрузчики, буровые коронки и др.	ООО «ГОРМАШ Дарасун» (Сибирский ФО)
спецтехника	ООО «Челябинский тракторный завод» – УРАЛТРАК (ЧТЗ) (Уральский ФО)
спецтехника	ПАО «КАМАЗ» (Приволжский ФО)
новые виды специального и нестандартного оборудования, модернизация существующих видов оборудования	ЗАО «Спецтехномаш» (Сибирский ФО)
платформы для карьерных автосамосвалов БелАЗ, машины смесительно-зарядные, штанги буровые и др.	АО «Кемеровский завод химического машиностроения» (Сибирский ФО)
<i>Инновационное оборудование, на котором внедряются цифровые технологии и роботизация производственных процессов</i>	
беспилотные летающие аппараты (беспилотники или квадрокоптеры)	
беспилотные грузовики	соглашение между компаниями «Мегафон» и «СДС-Уголь»
беспилотные самосвалы типа карьерного робота-самосвала	
прочие виды инновационного оборудования	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. International Energy Agency, [Coal Information](#), Дата обращения 21.08.2024
2. Техничко-экономические и финансовые показатели работы предприятий угольной промышленности. Информационный сборник. «Добыча угля» – М.: ГП «ЦДУ ТЭК», 2011-2023.
3. Техничко-экономические и финансовые показатели работы предприятий угольной промышленности. Информационный сборник. «Отгрузка угля и угольной продукции по основным направлениям использования и потребителям. Экспорт и импорт угля» – М.: ГП «ЦДУ ТЭК», 2011-2023.
4. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. ["Современные тренды и прогноз развития угольной промышленности мира и России в условиях трансформации мировой экономики. Часть 1. Сложившиеся тренды функционирования угольной промышленности мира и России с начала XXI века"](#) // "Уголь". № 3. 2024. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-3-42-49
5. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. ["Современные тренды и прогноз развития угольной промышленности мира и России в условиях трансформации мировой экономики. Часть II. Угрозы и вызовы российской и мировой добыче угля, долгосрочные прогнозы \(до 2060 г.\) ее развития с использованием нейронных сетей"](#) // "Уголь". № 8. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-8-130-139>
6. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. ["Меры государственного управления угольной отраслью с учетом санкционных ограничений и декарбонизации"](#) // "Горный журнал". 2023. № 12, 2023. DOI: 10.17580/gzh.2023.12.09
7. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. "Оценка производственного потенциала отечественных машиностроительных предприятий для реализации программы импортозамещения в угольной отрасли / Журнал "Уголь". 2021. № 1.
8. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. "Оценка импортозависимости российских угольных компаний от закупок зарубежного оборудования" // "Горная промышленность", № 3, 2018
9. Плаkitкин Ю.А., Плаkitкина Л.С., Дьяченко К.И. "Прогнозные оценки масштабов применения новых технологий в угольной отрасли на период до 2040 года" // Горная Промышленность. 2019. № 5(147)
10. Рожков А.А., Карпенко Н.В. Анализ использования отечественного и зарубежного технологического оборудования на угледобывающих предприятиях России. – Уголь, № 7, 2019. – С.58-64.
11. Рожков А.А. Структурный анализ импортозамещения в угольной промышленности России: реальность и прогноз. – Горная промышленность, 2017, № 6 (136). – С. 4-13.

12. Рожков А.А., Карпенко С.М., Сукачев А.Б. Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горно-шахтного оборудования. – Горная промышленность, 2017, № 2 (132). – С. 25-30.
13. Плаkitкина Л.С. Современные направления инновационного развития в угольной отрасли России - М.: ИНЭИ РАН, 2015. - 225 с. : ил. ISBN: 978-5-905675-61-4
14. Statistical Review of World Energy 2024, Energy Institute
15. Индия и Китай доплатили за российский уголь, www.eprussia.ru, 09 ноября 2023 г.
16. Плаkitкина Л.С. Прогнозы развития угольной промышленности основных стран мира и России в зависимости от темпов декарбонизации мировой экономики // В сборнике [Технологическое развитие отраслей ТЭК для достижения углеродной нейтральности экономики России: сборник докладов Школы молодых ученых](#) / составитель: канд. экон. наук Т.В. Новикова. — Москва: ИНЭИ РАН, 2023. — 206 с. : ил. ISBN 978-5-91438-037-0
17. Плаkitкина Л.С. "[Coal Industry Global Transformations: Analysis and Projections](#)" // "Energy Systems Research". 2024. Vol. 7. № 1.
18. Доля солнца и ветра в глобальной выработке электроэнергии может достичь 40% в 2030 г, www.renen.ru, 26 сентября 2023 г.
19. Евросоюз устанавливает пределы выбросов метана для нефти и газа, www.gazeta.ru 28 мая 2024 г.
20. С. П. Филиппов, О. В. Жданев [Возможности использования технологий улавливания и захоронения диоксида углерода при декарбонизации мировой экономики \(обзор\)](#) // Теплоэнергетика, 2022, № 9, стр. 5-21 DOI: 10.56304/S0040363622090016
21. С. П. Филиппов [Экономические характеристики технологий улавливания и захоронения диоксида углерода \(обзор\)](#) // Теплоэнергетика, 2022, № 10, с. 17–31 DOI: 10.56304/S0040363622100022
22. Европа введет в эксплуатацию 56 ГВт мощностей солнечной энергетики, www.renen.ru, 12 декабря 2023 г.
23. КНР: более двух третей мощностей офшорной ветроэнергетики, построенных в мире в 2022 г, www.renen.ru, 20 февраля 2023 г.
24. Возобновляемая энергетика в современной России. Перспективы и целесообразность, www.in-power.ru, 19 июля 2023 г.
25. В США ввели в эксплуатацию более 4 ГВт крупномасштабных накопителей энергии в 2022 году, www.renen.ru, 1 марта 2023 г.
26. Геологи сигнализируют о начале «золотой лихорадки» в добыче водорода из недр, www.renen.ru, 20 февраля 2024 г.
27. Краткий обзор мирового угольного рынка, www.eastrussia.ru, 29 июля 2024 г.