

Моделирование гибких цепочек добавленной стоимости на основе «чистых» технологий переработки угля

С.М. Никитенко¹ ✉, Е.В. Гоосен¹, О. Кавкаева²

¹ Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация

² Университет г. Павия, Италия

✉ nsm.nis@mail.ru

Резюме: Статья посвящена характеристике стрессоустойчивости цепочек добавленной стоимости (ЦДС), сложившихся в российской угольной отрасли. Обосновывается, что вовлечение угольной отрасли в ЦДС на базе перспективных чистых технологий переработки угля становится критически важной задачей в условиях введенных санкций и является реальным шагом к новой индустриализации и трансформации базового сектора российского топливно-энергетического комплекса.

Представлен авторский подход к изучению угольных ЦДС на основе выявления сложившихся типов ЦДС в угольной отрасли, оценки их текущей стрессоустойчивости и моделирования на этой основе возможных направлений модернизации (апгрейда) ЦДС для повышения долгосрочной стрессоустойчивости. Предложен подход к моделированию новых гибких цепочек на основе угля.

Делается вывод, что, несмотря на формирующуюся в настоящее время парадигму безуглеродной концепции развития энергетики, угольная отрасль имеет все необходимые перспективы развития благодаря дифференцированному подходу к апгрейду ЦДС на основе внедрения новых гибких технологий и учета специфики отдельных компаний. Подчеркивается, что такие ЦДС могут быть сформированы на действующих угледобывающих предприятиях, а в дальнейшем появляется возможность создавать различные производства экологической продукции уже на основе действующих ЦДС.

Ключевые слова: угольная отрасль, цепочки добавленной стоимости, модель ЦДС, типичные ЦДС угольной отрасли, стрессоустойчивость ЦДС угольной отрасли, моделирование ЦДС

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта в рамках проекта «Зеркальные лаборатории» Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» по теме «Трансформации цепочек создания стоимости угольной отрасли и связанных с ней отраслей в условиях глобального энергоперехода и санкционного давления на российскую экономику».

Для цитирования: Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Кавкаева О. Моделирование гибких цепочек добавленной стоимости на основе «чистых» технологий переработки угля. *Горная промышленность*. 2023;(S2):126–134. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S2-126-134>

Modeling of flexible value chains based on clean coal processing technologies

S.M. Nikitenko¹ ✉, E.V. Goosen¹, O. Kavkaeva²

¹ Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

² University of Pavia, Italy

✉ nsm.nis@mail.ru

Abstract: The article discusses characteristics of the value chains that have developed in the Russian coal industry. It has been justified that the involvement of the coal industry in the value chain based on promising clean coal processing technologies is becoming a critical task in the context of the imposed sanctions and it is a real step towards new industrialization and transformation of the corner stone sector of the Russian fuel and energy complex.

The author's approach to the study of the coal value chains is based on identifying the existing types of value chains in the coal industry, assessing their current resilience and modeling possible directions for upgrading the value chain to increase long-term resilience.

A conclusion is made that, despite the currently emerging concept of the carbon-free energy development, the coal industry has all the necessary development prospects due to a differentiated approach to upgrading the value chains based on new flexible technologies and taking into account the specific features of individual companies. Such value chains can be formed at the existing coal mining operations, and in the future it will become possible to create various production facilities for environmentally friendly products based on already existing value chains.

Keywords: coal industry, value chains, VAC model, typical VAC of the coal industry, stress resistance of the VAC of the coal industry, VAC modeling

Acknowledgments: The research was funded by a grant within the framework of the Mirror Laboratories Project of the Higher School of Economics National Research University on the topic ‘Transformation of value chains in the coal and related industries in the context of global energy transition and sanction imposed on the Russian economy’.

For citation: Nikitenko S.M., Goosen E.V., Kavkaeva O. Modeling of flexible value chains based on clean coal processing technologies. *Russian Mining Industry*. 2023;(S2):126–134. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-S1-126-134>

Введение

Один из самых острых вопросов, на который в ближайшее время предстоит ответить: как в ухудшающихся условиях добычи угля, ужесточающихся экологических требований и усиливающегося санкционного давления на Россию адаптировать отечественную угольную отрасль к этим негативным факторам и сделать ее более устойчивой.

Для решения этих проблем в опубликованных ранее статьях авторы обращались к концепции стрессоустойчивости, направленной на оценку адаптируемости угольной отрасли и поиск потенциальных способов смягчения негативных факторов [1; 2].

Сложившаяся ситуация не только резко снижает спрос на уголь, но и приводит к разрыву сложившихся в угольной и смежных отраслях связей, которые в современной литературе получили название цепочек добавленной стоимости (ЦДС) или цепочек создания стоимости (ЦСС) [3–7]. Разрыв цепочек ведет к распространению негативного воздействия на смежные отрасли и кумулятивному накоплению рисков, комплексная оценка этих последствий также невозможна без изучения ЦДС / ЦСС. Поэтому в современных условиях концепт ЦДС / ЦСС все чаще становится основой для разработки стратегий развития регионов и отраслей через поиск наиболее перспективных направлений их модернизации (апгрейда) [8–10].

Под апгрейдом (модернизация, обновление, совершенствование) авторы статьи, российские и зарубежные авторы понимают процесс улучшения позиций компаний, отраслей и стран в цепочках добавленной стоимости / цепочках создания стоимости (ЦДС/ЦСС). Понимая различия между понятиями ЦДС и ЦСС, в статье будем использовать термин ЦДС.

В.Б. Кондратьев [11, с. 174; 12, с. 53] выделяет четыре типа такого апгрейда: совершенствование технологического и производственного процесса, совершенствование (собственно апгрейд) продукта, поиск менее конкурентных ниш в стоимостных цепочках, переход из одной цепочки стоимости в другую. Н.В. Смородинская и Д.Д. Катукон [13, с. 27–28] говорят о возможностях быстрого проведения апгрейда специализации компаний с целью поиска новых ниш в различных ЦДС в условиях происходящих значительных сдвигов в глобальном промышленном ландшафте.

Степень изученности проблемы и методология исследования

Анализ цепочек добавленной стоимости на корпоративном, отраслевом и транснациональном уровнях опирает-

ся на предложенную М. Porter концепцию цепочек добавленной стоимости (value chains) (ЦДС (VC)) [14]. Наиболее общим является определение ЦДС, данное Т.Дж. Стредженом [15, р. 10]. По его мнению, цепочки добавленной стоимости – это полный набор действий, который необходим для того, чтобы осуществить продвижение продукта от момента возникновения его концепции до конечного потребителя через все стадии производства. Р. Каплински определяет ЦДС как набор действий, выполняемых несколькими участниками, которые предоставляют продукт или услугу, начиная с разработки и заканчивая утилизацией после использования [16, р. 4]. А. Парк, Г. Найяр, П. Лоу связывают ЦДС с феноменом распределенного производства, осуществляемого компаниями в разных местах по всему миру и координируемого компанией-лидером [17, р. 35].

Таким образом, несмотря на различие в терминах, исследования, изучающие ЦДС, можно считать относительно единым концептом, в котором отдельные подходы различаются масштабом анализа – объекта исследования, который может включать в себя как отдельную компанию, так и целую отрасль, группы отраслей, несколько стран или регионов мира. Каждый из подходов выделяет блоки – ключевые звенья цепочки, дает им описание и показывает связи между блоками. Современная практика изучения и картографирования ЦДС исходит из того, что базовая модель цепочки добавленной стоимости включает в себя четыре основные компоненты: цепочку поставок, цепочку добавленной стоимости, организационную модель ЦДС и поддерживающую среду [13, р. 24; 18, р. 31; 19, р. 5]. Это позволяет исследователю выявить наиболее важные источники риска и конкурентных преимуществ изучаемого объекта. На рис. 1 показана взаимосвязь между основными компонентами базовой модели ЦДС.

В данной статье используется понятие «цепочка добавленной стоимости» (value chain). Базовая модель ЦДС положена в основу изучения существующих и моделирования будущих гибких цепочек добавленной стоимости в отечественной угольной отрасли, отбор потенциальных «перспективных» ЦДС ведется с позиций их стрессоустойчивости.

Новизна авторского подхода к изучению угольных ЦДС в рамках данной статьи состоит в выявлении основных типов ЦДС в отечественной угольной отрасли, оценке их текущей стрессоустойчивости и попытке смоделировать возможные направления их апгрейда в направлении повышения долгосрочной стрессоустойчивости. В основе моделирования гибких угольных цепочек лежит следующий алгоритм:



Рис. 1
Основные элементы базовой модели ЦДС
 Источники: [13; 18; 19]

Fig. 1
Parts of the complex value chain model
 Source: [13; 18; 19]

- 1) обзор типичных ЦДС, сложившихся в российской угольной отрасли;
- 2) оценка их текущей стрессоустойчивости и тенденций развития;
- 3) поиск возможных направлений апгрейда ЦДС на основе повышения их робастности и гибкости ЦДС с помощью чистых угольных технологий;
- 4) описание новых потенциальных ЦДС в отечественной угольной отрасли на основе перспективных чистых технологий.

Типичные ЦДС в российской угольной отрасли и оценка их текущей стрессоустойчивости

В основу исследования положены официальные статистические данные угольных компаний, Федеральной службы государственной статистики РФ за 2011–2021 гг. о динамике добычи угля в России и в угольных компаниях в рядовом исчислении¹. Для анализа были отобраны 169 компаний, которые действовали в период 2011–2021 гг. Информация о характере связей компаний между собой и с компаниями из смежных отраслей получена из базы данных электронной системы «СБИС»² и интервью экспертов из числа специалистов, работающих в угольной отрасли³.

На основании этих данных авторами были выделены три типа базовых угольных ЦДС, действовавших в России в период с 2011 по 2021 г. Типизация ЦДС проводилась по двум ключевым элементам ЦДС: структуре цепочек поставок и организационным моделям. Затем по методике Р. Лагравинезе, А. Фаггиана и Е. Яннакиса [20–22] на основе динамики валовой добычи угля в рядовом исчислении была измерена их стрессоустойчивость за два периода с 2011 по 2017 г. и с 2018 по 2021 г., на которые пришлись две волны кризиса. Первая была связана с резким падением цен на энергоноси-

тели в 2014 г., вторая – с разрывом ЦДС и падением спроса на энергоносители в результате пандемии Covid-19 в 2019–2020 гг. Границы каждой волны определялись тремя точками: годом с наиболее высоким подъемом добычи накануне кризиса, падением добычи во время кризиса и годом восстановления производства после окончания кризиса.

Анализ данных угольных компаний и электронной системы «СБИС» показал, что в отечественной угольной отрасли сложилось три типа ЦДС в соответствии с классификацией, предложенной Г. Джереффи, Дж. Хамфри и Т. Стердженом (2005) [23]: рыночные (markets), захватнические (captive values chains) и иерархические (hierarchy).

Рыночная ЦДС (markets) отображает группу независимых неспециализированных компаний, в которых имеются низкие издержки на поиск нового торгового партнера для любой из сторон. Размерная структура таких компаний находится в диапазоне от малых до больших, в представленной авторами выборке эта ЦДС представлена 79 компаниями, при этом к малым отнесены компании с объемом добычи до 500 тыс. т угля в год (табл. 1).

Большая часть добываемого угля поставляется на внутренний рынок. Компании не имеют явно выраженной специализации. Часто в качестве их потребителей выступают крупные угольные компании, которые, покупая их продукцию, балансируют собственные продажи. Даже в случае выхода на внешние рынки потребители являются небольшими, часто меняющимися, доля компаний с обеих сторон на рынке незначительна. Компании, входящие в рыночные ЦДС, редко добывают премиальные марки углей, поэтому основным источником конкурентоспособности является экономия на издержках, в первую очередь на расходах на безопасность и заработную плату. Компании часто для сокращения затрат часть своих вспомогательных видов деятельности передают на аутсорсинг (инжиниринговые услуги, вскрышные работы, сервисные и транспортные услуги).

Организационная структура рыночных ЦДС имеет вид производственной цепочки одной отдельной компании (рис. 2).

1 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>
 2 База данных «СБИС». Режим доступа: <https://sbis.ru/>
 3 Отчет о проведении социологического опроса «Перспективные цепочки добавленной стоимости в угольной отрасли», проведенный в октябре 2022 года рамках гранта РФФ гранта Российского научного фонда №22-28-01803, <https://rscf.ru/project/22-28-01803/> (дата обращения: 11.05.2023)

Таблица 1
Размерная структура ЦДС, образованных независимыми угольными компаниями, и выбираемые ими стратегии стабилизации

Table 1
Dimensional structure of value chains formed by independent

Размерная структура	Количество компаний	Доля от общего числа, %	Стратегии обеспечения стабильности компании		
			процедуры банкротства	государственная поддержка	создание неформальных сетей
Крупные	7	9	2	1	4
Средние	8	10	2		4
Малые	64	81	30	10	17
Всего	79		34	12	25
Доля компаний, выбравших стратегию			43%	15%	32%

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru>) базы данных системы «СБИС» (<https://sbis.ru>)
Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (<https://rosstat.gov.ru>) of the database of the SBIS system (<https://sbis.ru>)

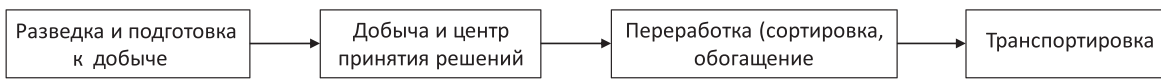


Рис. 2
Схема типичной рыночной ЦДС в угольной отрасли

Fig. 2
Scheme of a typical market value chain in the coal industry

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru>) базы данных системы «СБИС» (<https://sbis.ru>)

Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (<https://rosstat.gov.ru>) of the database of the SBIS system (<https://sbis.ru>)

Компании, входящие в рыночные ЦДС, крайне неустойчивы. Срок жизни таких компаний составляет около 5 лет при среднем инвестиционном жизненном цикле в угольной отрасли в 15 лет. В табл. 2 приведены данные динамики уровня стрессоустойчивости 8 компаний, входящих в рыночные ЦДС, которые действовали в течение всего изучаемого периода. При этом цифра «0» говорит, что компания только начинала, либо наоборот – сворачивала свою деятельность в анализируемый период, что делает невозможным расчёт релевантного уровня стрессоустойчивости.

формальный центр управления. В случае возникновения кризиса компании предпочитают уйти с рынка. Поэтому рыночные ЦДС имеют размытые временные и пространственные границы.

Уход с рынка отдельной компании, образующей рыночную ЦДС, не способен кардинально повлиять на текущее предложение. В отдельных случаях, в том числе в целях ухода от соблюдения требований безопасности, наблюдается неформальное непродолжительное объединение компаний между собой, временное вхождение в ЦДС другого типа. При этом в этих временных ЦДС часто отсутствует

Вторая группа цепочек добавленной стоимости в угольной отрасли – это захватнические ЦДС (captive values chains), в которых мелкие угольные неспециализированные компании транзакционно зависимы от крупных покупателей – сбытовых и управляющих центров, в качестве которых выступают или крупная управляющая, или крупная добывающая компания (рис. 3).⁴ Отношения между компаниями, входящими в захватнические ЦДС (captive value chains), формализованные (оформленные с помощью отношений собственности) и образуют неспециализированные холдинговые структуры.

⁴ Среднегодовой уровень добычи в ООО Ровер и АО Зырянский угольный разрез рассчитаны на основе данных за 2018–2020 гг.

Таблица 2
Динамика стрессоустойчивости угольных ЦДС, образованных одной независимой угольной компанией

Table 2
Dynamics of resilience of coal value chains formed by one independent coal company

Название компании	Среднегодовой уровень добычи угля, тыс. т		Уровень стрессоустойчивости	
	2010–2017 гг.	2018–2021 гг.	2010–2017 гг.	2018–2021 гг.
ООО р. Кайчакский-1	201	242	4	1
АО р. Канский	308,3	142	4	1
ФГУП ГТ Арктикуголь	119,7	120	3	2
ОАО ш. Угольная	241,1	106	4	1
АО р. Октябрьский	250,8	179	3	1
ООО Ровер	437	174 ⁴	4	0
ООО Шиткинский р.	26,3	22	2	0
АО Зырянский угольный разрез	174	203	4	0

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru>) базы данных системы «СБИС» (<https://sbis.ru>)
Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (<https://rosstat.gov.ru>) of the database of the SBIS system (<https://sbis.ru>)

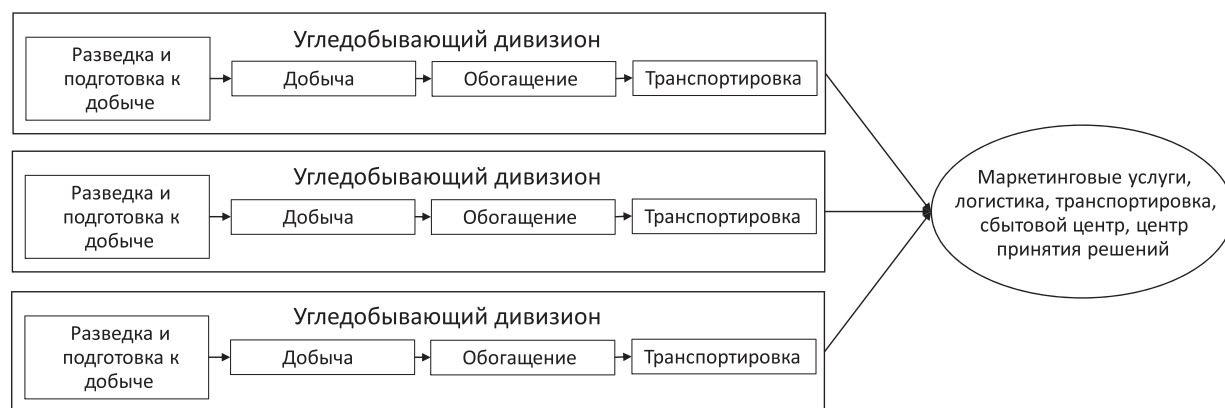


Рис. 3
Схема типичной захватнической ЦДС в угольной отрасли
 Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (https://rosstat.gov.ru/) базы данных системы «СБИС» (https://sbis.ru/)

Fig. 3
Scheme of a typical captive value chain in the coal industry
 Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (https://rosstat.gov.ru/) of the database of the SBIS system (https://sbis.ru/)

Захватнические ЦДС работают как на локальный, так и глобальный угольные рынки, легко меняют потребителей, используют внутренний рынок как механизм стабилизации своей деятельности. Источником стрессоустойчивости является снижение издержек: экономия на логистических и транспортных затратах, гибкость обеспечивается за счет входа-выхода из ЦДС небольших компаний. Состав захватнических ЦДС устойчивее рыночных, но тоже нестабилен.

В результате анализа в отечественной угольной промышленности было выделено 18 неспециализированных, не ориентирующихся на потребителей определенной отрасли, холдинга на основе захватнических ЦДС. В табл. 3 приведены данные по 8 компаниям.

Исследование показало, что компании, входящие в ЦДС захватнического типа, в 2011–2021 гг. придерживались двух видов стратегии поддержания стрессоустойчивости. Первый – это стратегия приобретения новых компаний (новых активов) с целью обеспечения контроля над рынком,

особенно внутренним. Данная тенденция особенно ярко проявилась в период первой волны кризиса. Второй тип стратегии был ориентирован на сохранение ядра ЦДС, состоящего из наиболее прибыльных компаний, имеющих премиальные угли. Эта тенденция была характерна для второй волны.

Более высокую долгосрочную стрессоустойчивость показали иерархические ЦДС (hierarchical), представленные закрытыми вертикально-интегрированными структурами, опирающимися на товарную интеграцию (табл. 4).

Стабильность иерархических ЦДС обеспечивается жесткой привязкой к конкретным потребителям (металлургическим, энергетическим или цементным компаниям), которые обеспечивают относительно устойчивый производный спрос на уголь. Важной характеристикой таких ЦДС являются также жесткие ограничения на вход, что позволяет контролировать все основные звенья ЦДС – от добычи до конечного потребления, удерживать доходы

Таблица 3
Динамика стрессоустойчивости и стратегия поведения компаний, образующих захватнические угольные ЦДС

Table 3
The dynamics of resilience and the strategy of behavior of companies that form captive coal value chains

Название компании	Среднегодовой уровень добычи угля, тыс. т		Уровень стрессоустойчивости		Стратегия*	Размерная структура**
	2010–2017 гг.	2018–2021 гг.	2010–2017 гг.	2018–2021 гг.		
АО «Сибантрацит»	10573	21699	0	2	1	3&2&1
АО «ДГК»	2295,5	4278	2	1	0	3
АО «Русский уголь»	10331,4	14656,2	1	2	1	3&2
АО «Холдинг «ТОППРОМ»	664	1914	2	1	0	2&1
АО ИК «ЮКАС-ХОЛДИНГ»	3123,6	5886,8	3	3	0	2&1
АО ХК «СДС-УГОЛЬ»	4644,82	4711,075	2	1	1	3
ООО «ВГК»	3080	9495	0	4	1	3
ООО «КАРАКАН ИНВЕСТ»	3071	4746	3	4	0	3

Стратегия*: 0 – сохранение ядра ЦДС; 1 – приобретение новых угольных активов с целью установления контроля над рынком; 2 – создание новых холдингов с участием государственных институтов развития
 Размерная структура**: 1 – в составе ЦДС малые предприятия; 2 – средние предприятия; 3 – крупные предприятия

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (https://rosstat.gov.ru/) базы данных системы «СБИС» (https://sbis.ru/)
 Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (https://rosstat.gov.ru/) of the database of the SBIS system (https://sbis.ru/)

Таблица 4
Динамика стрессоустойчивости и стратегия поведения компаний, образующих иерархические угольные ЦДС

Table 4
Dynamics of stress resistance and the strategy of behavior of companies forming hierarchical coal value chains

Название компании и специализация*	Среднегодовой уровень добычи угля, тыс. т		Уровень стрессоустойчивости		Стратегия
	2010 – 2017 гг.	2018 – 2021 гг.	2010 – 2017 гг.	2018 – 2021 гг.	
ЕВРАЗ (1)	10010,26	15533,38	3	1	2
ПАО Мечел (1)	44137,98	37959,	4	3	0
ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ» (1)	10180,6	9701	2	1	2
ПАО ММК (1)	3512	4804	0	4	1
АО СУЭК (2)	83900,1	109629,3	4	3	0
EN+ GROUP (2)	9114,7	15041,4	4	3	0
ПАО «ИНТЕР ПАО ЕЭС» (2)	н/д	1796,3	н/д	1	1
АО «ХК «СИБИРСКИЙ ЦЕМЕНТ» (3)	1604,4	1858	3	3	0

Специализация*: 1 – металлургическо-коксохимическая; 2 – угольно-энергетическая; 3 – цементная.

Стратегия**: 0 – сохранение ядра ЦДС; 1 – приобретение угольных активов с целью контроля внутреннего рынка; 2 – отказ от угольных активов как непрофильных.

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru/>) базы данных системы «СБИС» (<https://sbis.ru/>)
Source: authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (<https://rosstat.gov.ru/>) of the database of the SBIS system (<https://sbis.ru/>)

и оперативно их перераспределять. Все звенья ЦДС, за небольшим исключением, являются частями одной компании (рис. 4).

Несмотря на более высокий общий уровень стрессоустойчивости, иерархические ЦДС во второй волне показали в целом более низкий уровень стрессоустойчивости, чем в первой волне. Во многом это связано с меньшей гибкостью иерархических ЦДС. Им относительно легко противостоять кризису, но сложно восстанавливаться после него.

Важно отметить различия в стратегиях поддержания стрессоустойчивости иерархических ЦДС в зависимости от их специализации. Так, компании, представляющие собой металлургические и цементные холдинги, с целью снижения затрат в период второй волны кризиса стали избавляться от угольных активов как непрофильных. В случае поддержания со стороны ЕС санкций в отношении российского угля можно ожидать усиления этих процессов. Выведенные из состава холдингов предприятия или закроются, или пополнят ряды неустойчивых рыночных и захватнических ЦДС. В данной ситуации, по мнению авторов, без апгрейда ЦДС решить вопросы стрессоустойчивости угольных компаний не удастся.

Возможные направления апгрейда угольных ЦДС

Анализ сильных и слабых сторон ЦДС, сложившихся в российской угольной отрасли, позволил авторам выделить наиболее перспективные направления апгрейда ЦДС на основе товарной и технологической интеграции:

- удлинение ЦДС за счет внедрения «чистых» технологий использования и переработки угля;
- создание параллельных ЦДС за счет переработки отходов;
- формирование разветвлённых ЦДС (превращение ЦДС компании в производственную сеть).

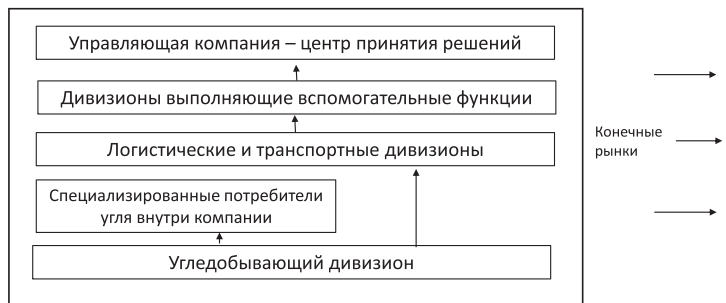


Рис. 4
Схема типичной иерархической ЦДС в угольной отрасли

Источник: расчёты авторов на основе данных Федеральной службы государственной статистики РФ (<https://rosstat.gov.ru/>) базы данных системы «СБИС» (<https://sbis.ru/>)

Fig. 4
Scheme of a typical hierarchical value chain in the coal industry

Source: : authors' calculations based on the data of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation (<https://rosstat.gov.ru/>) of the database of the SBIS system (<https://sbis.ru/>)

Успешность апгрейда ЦДС во многом определяется возможностью использования современных «чистых» технологий переработки угля, переработки отходов и расширением масштаба производства, выходом на неконкурентные рынки, локализацией новых сегментов ЦДС в принимающих регионах. Именно они способны стать основой для долгосрочной технологической интеграции угледобывающих компаний, обеспечив им долгосрочную стрессоустойчивость. Для выявления таких технологий авторами был проведен патентный анализ и опрос экспертов. Это позволило выделить перспективные технологии, построить на их основе спектр доступных технологических цепочек переработки угля, которые могут стать основой для формирования новых ЦДС.

Патентная аналитика позволяет выполнить перекрестный анализ программ развития региона деятельности угольных компаний, продукции и технологической базы производственных предприятий, завершённых исследовательских проектов университетов и научно-исследовательских организаций региона в интересах выявления направлений синергии и совместного технологического развития, а также анализ межрегиональных связей, деятельности предприятий в составе инновационных и

промышленных кластеров, что, в свою очередь, позволит оптимизировать процесс формирования новых ЦДС.

Так, удлинение и локализация угольных ЦДС могут быть достигнуты на основе внедрения высокорентабельных, гибких и экологически чистых технологий сухого обогащения угля, применения ультрасверхкритических параметров при сжигании угля с целью электрогенерации. Их использование не только удлинит существующие ЦДС и сделает более устойчивым спрос на уголь на внутреннем рынке, но и снизит выбросы CO₂. Например, с использованием ультрасверхкритических параметров в ОАЭ запустили первый блок угольной электростанции (Хассиан) стоимостью 3,4 млрд долл. США, мощность которой к концу 2023 г. вырастет до 2400 Мвт. Технология позволяет электростанции работать при более высоких температурах и давлении пара, чем традиционные угольные ТЭС, повышая эффективность электростанции и значительно уменьшая выбросы CO₂, проектом предусмотрено решение по улавливанию углерода⁵. Не менее важно то, что такой подход способствует локализации более технологичного производства в регионах добычи и обеспечивает энергетическую безопасность (стрессоустойчивость региона) за счет дифференциации источников энергии и экономическую безопасность за счет дифференциации производства.

Примером второго и третьего варианта апгрейда ЦДС может служить использование технологий низкотемпературного пиролиза. Они позволяют разделить уголь на газовое топливо и углеродный остаток и значительно сокращают выбросы CO₂ за счет использования экологически чистого источника энергии (газовое топливо) и получения полуккокса, а также бездымного экологически чистого высококалорийного топлива. При этом не образуются золошлаковые отходы [24]. При такой ЦДС помимо экологических эффектов происходит расширение масштабов деятельности компании (тригенерация – параллельное производство из угля трех полезных продуктов). ЦДС и удлиняется – углубляется переработка угля, при этом одновременно повышается гибкость ЦДС. Комбинации производства трех и более продуктов позволяют легче приспосабливаться к изменению спроса и цен и снижать запасы. Такие производства выгодно размещать вблизи районов добычи угля, поэтому внедрение этих технологий также способствует преодолению моноотраслевой специализации добывающих регионов и повышает их стрессоустойчивость.

К перспективным направлениям апгрейда ЦДС эксперты отнесли использование попутного газа метана и метаноокисляющих бактерий для получения кормового белка, который может быть использован как в качестве комбикорма в рыбоводстве, птицеводстве и животноводстве, так и для производства ферментов, липидов, стероидов, антиоксидантов, пигментов, полисахаридов⁶. Закрытые шахты могут использовать извлеченный метан и как чистый

энергетический ресурс. Такое решение позволяет также улучшить уровень безопасности, энергоснабжение района и его экологическое состояние. Уже сейчас существуют способы утилизации метана из неконтролируемых источников, включающие предварительную очистку и выделение метана из метановоздушной смеси, разложение метана на водород и ацетилен. При этом выделенный водород направляется в водородные топливные элементы, выработанная электроэнергия которых используется для энергообеспечения непосредственно процесса утилизации метана, а также энергоснабжения внешних потребителей. Опыт использования таких технологий есть в Австралии, Германии, Бельгии, Польше, Франции и ряде других стран.

Другим примером перспективного направления в формировании производственных сетей может стать организация на поверхности ликвидированных шахт карбоновых ферм – лесопарковых территорий, на которых с помощью специальных технологий увеличивается поглощение углекислого газа и производятся углеродные единицы, которые в качестве компенсации выбросов парниковых газов в атмосферу смогут покупать предприятия, продукция которых не относится к категории «углероднейтральная». Исследования на карбоновых полигонах с различными видами рельефа показали, что один гектар поверхности способен поглотить до 7 тонн углерода⁷.

Важно, что апгрейд ЦДС за счет формирования новых высокотехнологичных межотраслевых производственных сетей в рамках действующих угольных шахт и разрезов может быть эффективно применен для снижения социально-экономических и экологических рисков при закрытии угольных предприятий.

Выводы

Несмотря на формирующуюся в настоящее время парадигму безуглеродной концепции развития энергетики, угольная отрасль имеет все необходимые перспективы развития благодаря дифференцированному подходу к апгрейду ЦДС на основе внедрения новых гибких технологий и учета специфики отдельных компаний. Важно, что такие ЦДС могут быть сформированы еще на действующих угледобывающих предприятиях. В дальнейшем появляется возможность создавать различные производства экологической продукции уже на основе действующих ЦДС.

Вовлечение угольной отрасли в ЦДС на основе перспективных чистых технологий становится критически важной задачей в условиях введенных санкций и является, на наш взгляд, реальным шагом к новой индустриализации и трансформации базового сектора российского топливно-энергетического комплекса.

⁷ Эксперты подсчитали себестоимость поглощения лесом углерода. Во сколько обходится поглощение одной тонны CO₂ деревьями. 2021. Режим доступа: <https://rg.ru/2021/04/27/eksperty-podschitali-sebestoimost-pogloshchenia-lesom-ugleroda.html> (дата обращения: 11.05.2023); Официальный сайт компании ООО «Биопрактика». Режим доступа: <https://biopraktika.ru/> (дата обращения: 11.05.2023)

⁵ Hassyan Clean Coal Project. Dubai. 2017. Available at: <https://www.power-technology.com/projects/hassyan-clean-coal-project-dubai/> (дата обращения: 11.05.2023)

⁶ Микробный белок (гаприн). 2022. Режим доступа: <https://gibios.ru/tpost/da87t9m4k1-mikrobnii-belok-gaprin> (дата обращения: 11.05.2023)

Список литературы

- Goosen E.V., Nikitenko S.M., Klishin V.I., Kagan E.S., Patrakov Y.F. Value chain stress resilience and behavioral strategies of companies in Russian coal industry. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2022;7(4):330–342. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-09-15>
- Goosen E.V., Nikitenko S.M., Rada A.O., Nikitina O.I. Resilience of the Russian coal industry in the context of energy transition and decarbonization. *Eurasian Mining*. 2022;(2):20–24. <https://doi.org/10.17580/em.2022.02.05>

3. Авдашева С.Б., Буданов И.А., Голикова В.В., Яковлев А.А. Модернизация российских предприятий в цепочках создания стоимости (на примере трубной и мебельной промышленности России). *Экономический журнал ВШЭ*. 2005;(3):361–377. Режим доступа: https://www.hse.ru/data/2010/12/31/1208183448/09_03_04.pdf
4. Meshkova T., Moiseichev E. Foresight applications to the analysis of global value chains. *Foresight and STI Governance*. 2016;10(1):69–82. <https://doi.org/10.17323/1995-459x.2016.1.69.82>
5. Федюнина А.А., Симачев Ю.В., Кузык М.Г. Россия в ГЦСС до и после пандемии COVID-19: Накопленный опыт участия в цепочках, долгосрочные вызовы и следствия для политики. В кн.: Давыдов А.А., Мамедьяров З.А., Хорольская М.В. и др. (ред.) *Мир после пандемии: глобальные вызовы и перспективы развития (Мировое развитие. Выпуск 23)*. М.: ИМЭМО РАН; 2022. С. 7–18. <https://doi.org/10.20542/978-5-9535-0599-4>
6. Федюнина А.А., Симачев Ю.В., Кузык М.Г., Аверьянова Ю.В. Секторальные особенности интеграции российской экономики в глобальные цепочки добавленной стоимости и следствия для структурной политики. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2020;(3):106–127. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2020-47-3-5>
7. Gereffi G., Sturgeon T. Global value chain-oriented industrial policy: the role of emerging economies. In: Elms D.K., Low P. (eds) *Global value chains in a changing world*. World Trade Organization, Fung Global Institute and Temasek Foundation Centre for Trade & Negotiations; 2013. Ch.14, pp. 329–360. Available at: https://ewdata.rightsindevelopment.org/files/documents/19/IADB-BR-L1419_SHS0nQZ.pdf
8. Lema R., Fu X., Rabelotti R. Green windows of opportunity: latecomer development in the age of transformation toward sustainability. *Industrial and Corporate Change*. 2020;29(5):1193–1209. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa044>
9. Яценко В.А., Крюков Я.В. Фрагментация и консолидация производственных цепочек в мировой редкоземельной промышленности. *Горная промышленность*. 2022;(1):66–74. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-1-66-74>
10. Кондратьев В., Попов В., Кедрова Г. Промышленная политика в условиях индустрии 4.0. *Мировая экономика и международные отношения*. 2022;66(3):73–80. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-3-73-80>
11. Кондратьев В.Б. Глобальные цепочки стоимости, индустрия 4.0 и промышленная политика. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2018;(3):170–177. <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2018-39-3-11>
12. Кондратьев В.Б. Глобальные цепочки стоимости в отраслях экономики: общее и особенное. *Мировая экономика и международные отношения*. 2019;63(1):49–58. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2019-63-1-49-58>
13. Смородинская Н.В., Катукон Д.Д. Распределенное производство в условиях шока пандемии: уязвимость, резильентность и новый этап глобализации. *Вопросы экономики*. 2021;(12):21–47. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-12-21-47>
14. Porter M.E. *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. NY: Free Press; 1985. 592 p.
15. Sturgeon T.J. How do we define value chains and production networks? *IDS Bulletin*. 2001;32(3):9–18. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2001.mp32003002.x>
16. Kaplinsky R. Spreading the gains from globalization: what can be learned from value-chain analysis? *Problems of Economic Transition*. 2004;47(2):74–115. <https://doi.org/10.1080/10611991.2004.11049908>
17. Park A., Nayyar G., Low P. *Supply Chain Perspectives and Issues – A Literature Review*. Geneva and Hong Kong: Fung Global Institute and World Trade Organization; 2012. 234 p. Available at: https://www.hse.ru/data/2013/07/29/1288396539/aid4tradesupply-chain13_e.pdf
18. Frederick S. Global Value Chain Mapping. In book: *Handbook on Global Value Chains*. Edward Elgar; 2019. Ch. 1, pp. 29–53. <https://doi.org/10.4337/9781788113779.00007>
19. Jones L., Demirkaya M., Bethmann E. Global value chain analysis: concepts and approaches. *Journal of International Commerce and Economics*. 2019;(April):1–28. Available at: https://www.usitc.gov/publications/332/journals/concepts_approaches_in_gvc_research_final_april_18.pdf
20. Lagravinese R. Economic crisis and rising gaps north–south: evidence from the Italian regions. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2015;8(2):331–342. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsv006>
21. Faggian A., Gemmiti R., Jaquet T., Santini I. Regional economic resilience: the experience of the Italian local labor systems. *Annals of Regional Science*. 2018;60(2):393–410. <https://doi.org/10.1007/s00168-017-0822-9>
22. Giannakis E., Bruggeman A. Regional disparities in economic resilience in the European union across the urban–rural divide. *Regional Studies*. 2020;54(9):1200–1213. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1698720>
23. Gereffi G., Humphrey, J., Sturgeon, T. The Governance of Global Value Chains. *Review of International Political Economy*. 2005;12(1):78–104. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>
24. Степанов С.Г., Морозов А.Б., Исламов С.Р. Технология совмещенного производства полукокса и горючего газа из угля. *Уголь*. 2002; 6:26–27

References

1. Goosen E.V., Nikitenko S.M., Klishin V.I., Kagan E.S., Patrakov Y.F. Value chain stress resilience and behavioral strategies of companies in Russian coal industry. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2022;7(4):330–342. <https://doi.org/10.17073/2500-0632-2022-09-15>
2. Goosen E.V., Nikitenko S.M., Rada A.O., Nikitina O.I. Resilience of the Russian coal industry in the context of energy transition and decarbonization. *Eurasian Mining*. 2022;(2):20–24. <https://doi.org/10.17580/em.2022.02.05>
3. Avdasheva S.B., Budanov I.A., Golikova V.V., Yakovlev A. Modernization of Russian enterprises: the Value Chain Perspective. The case study of tube & pipe and furniture sectors. *The HSE Economic Journal*. 2005;(3):361–377. (In Russ.) Available at: https://www.hse.ru/data/2010/12/31/1208183448/09_03_04.pdf
4. Meshkova T., Moiseichev E. Foresight applications to the analysis of global value chains. *Foresight and STI Governance*. 2016;10(1):69–82. <https://doi.org/10.17323/1995-459x.2016.1.69.82>
5. Fedyunina A.A., Simachev Yu.V., Kuzyk M.G. Russia in GVCS before and after the covid-19 pandemic: Lessons learned from GVC participation, long-term challenges and policy implications. In: Davydov A.A., Mamedyarov Z.A., Khorolskaya M.V. et al. (eds). *The world after the pandemic: global challenges and prospects for development (Global Development, iss. 23)*. Moscow: IMEMO; 2022, pp. 7–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.20542/978-5-9535-0599-4>
6. Fedyunina A.A., Simachev Yu.V., Kuzyk M.G., Averyanova Yu.V. Structural features of Russian economy integration into global value chains and lessons for structural policy. *Journal of the New Economic Association*. 2020;(3):106–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2020-47-3-5>
7. Gereffi G., Sturgeon T. Global value chain-oriented industrial policy: the role of emerging economies. In: Elms D.K., Low P. (eds) *Global value chains in a changing world*. World Trade Organization, Fung Global Institute and Temasek Foundation Centre for Trade &

- Negotiations; 2013. Ch.14, pp. 329–360. Available at: https://ewsdata.rightsindevelopment.org/files/documents/19/IADB-BR-L1419_SHSON-QZ.pdf
8. Lema R., Fu X., Rabelotti R. Green windows of opportunity: latecomer development in the age of transformation toward sustainability. *Industrial and Corporate Change*. 2020;29(5):1193–1209. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa044>
9. Yatsenko V.A., Kryukov Y.V. Fragmentation and consolidation of production chain in the global rare earth industry. *Russian Mining Industry*. 2022;(1):66–74. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-1-66-74>
10. Kondrat'ev V., Popov V., Kedrova G. Industrial Policy Priorities under Industry 4.0. *World Economy and International Relations*. 2022;66(3):73–80. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2022-66-3-73-80>
11. Kondratiev V.B. Global Value Chains, Industry 4.0 and Industrial Policy. *Journal of the New Economic Association*. 2018;(3):170–177. (In Russ.) <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2018-39-3-11>
12. Kondrat'ev V.B. Global Value Chains in industries: Common and specific features. *World Economy and International Relations*. 2019;63(1):49–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2019-63-1-49-58>
13. Smorodinskaya N.V., Katukov D.D. Distributed production under the pandemic shock: Vulnerability, resilience and the new stage of globalization. *Voprosy Ekonomiki*. 2021;(12):21–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2021-12-21-47>
14. Porter M.E. *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. NY: Free Press; 1985. 592 p.
15. Sturgeon T.J. How do we define value chains and production networks? *IDS Bulletin*. 2001;32(3):9–18. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2001.mp32003002.x>
16. Kaplinsky R. Spreading the gains from globalization: what can be learned from value-chain analysis? *Problems of Economic Transition*. 2004;47(2):74–115. <https://doi.org/10.1080/10611991.2004.11049908>
17. Park A., Nayyar G., Low P. *Supply Chain Perspectives and Issues – A Literature Review*. Geneva and Hong Kong: Fung Global Institute and World Trade Organization; 2012. 234 p. Available at: https://www.hse.ru/data/2013/07/29/1288396539/aid4tradesupply-chain13_e.pdf
18. Frederick S. Global Value Chain Mapping. In book: *Handbook on Global Value Chains*. Edward Elgar; 2019. Ch. 1, pp. 29–53. <https://doi.org/10.4337/9781788113779.00007>
19. Jones L., Demirkaya M., Bethmann E. Global value chain analysis: concepts and approaches. *Journal of International Commerce and Economics*. 2019;(April):1–28. Available at: https://www.usitc.gov/publications/332/journals/concepts_approaches_in_gvc_research_final_april_18.pdf
20. Lagravinese R., Economic crisis and rising gaps north–south: evidence from the Italian regions. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2015;8(2):331–342. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsv006>
21. Faggian A., Gemmiti R., Jaquet T., Santini I. Regional economic resilience: the experience of the Italian local labor systems. *Annals of Regional Science*. 2018;60(2):393–410. <https://doi.org/10.1007/s00168-017-0822-9>
22. Giannakis E., Bruggeman A. Regional disparities in economic resilience in the European union across the urban–rural divide. *Regional Studies*. 2020;54(9):1200–1213. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1698720>
23. Gereffi G., Humphrey, J., Sturgeon, T. The Governance of Global Value Chains. *Review of International Political Economy*. 2005;12(1):78–104. <https://doi.org/10.1080/09692290500049805>
24. Stepanov S. G., Morozov A. B., Islamov S. R. Technology of joint production of semicoke and fuel gas from coal. *Ugol*. 2002;6:26–27

Информация об авторах

Никитенко Сергей Михайлович – доктор экономических наук, доцент, зав. лабораторией экономики угля, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: nsm.nis@mail.ru

Гоосен Елена Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экономики угля, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: egoosen@yandex.ru

Кавкаева Ольга – аспирант прикладной экономики и менеджмента, департамент экономики и менеджмента, Университет г. Павия, Италия; e-mail: olga.kavkaeva01@universitadipavia.it

Информация о статье

Поступила в редакцию: 01.07.2023

Поступила после рецензирования: 24.07.2023

Принята к публикации: 25.07.2023

Information about the authors

Sergey M. Nikitenko – Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of the Coal Economics Laboratory, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: nsm.nis@mail.ru

Elena V. Goosen – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Leading Research Associate of the Coal Economics Laboratory, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: egoosen@yandex.ru

Olga Kavkaeva – PhD candidate in Applied Economics & Management at the University of Pavia, Italy; e-mail: olga.kavkaeva01@universitadipavia.it

Article info

Received: 01.07.2023

Revised: 24.07.2023

Accepted: 25.07.2023