

## **Апгрейд цепочек добавленной стоимости российских угольных компаний и их влияние на стрессоустойчивость отрасли в условиях энергоперехода**

*Е. В. Гоосен<sup>1</sup>\*, С. М. Никитенко<sup>1</sup>, А. А. Киндяков<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово,  
Российская Федерация  
\*e-mail: nsm.nis@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена оценке перспектив развития российской угольной отрасли в современных условиях с использованием концепции экономической стрессоустойчивости, а также вопросам оптимизации добычи и переработки угля основе использования перспективных технологий в соответствии с глобальными вызовами и требованиями энергоперехода, который глубоко затрагивает все ключевые параметры как угольной отрасли, так стран и регионов, обладающих значительными запасами энергоресурсов и специализирующимися на их добыче. Одним из ключевых драйверов новой парадигмы развития является активное формирование новых цепочек создания стоимости высокотехнологичной продукции. Авторы указывают, что несмотря на формирующуюся в настоящее время парадигму безуглеродной концепции развития энергетики, угольная отрасль может быть сохранена на основе дифференцированного подхода к апгрейду цепочек добавленной стоимости, которые могут быть сформированы уже на действующих угледобывающих предприятиях.

**Ключевые слова:** цепочки добавленной стоимости, стрессоустойчивость, энергопереход, новые технологии

## **Upgrade the value chains of Russian coal companies and their impact on the industry's resilience in the context of the energy transition**

*E. V. Goosen<sup>1</sup>\*, S. M. Nikitenko<sup>1</sup>, A. A. Kindyakov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of Siberian Branch  
of the Russian Academy of Sciences»  
\* e-mail: nsm.nis@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to assessing the development prospects of the Russian coal industry in modern conditions using the concept of economic resilience, as well as to optimizing coal mining and processing based on the use of promising technologies in accordance with global challenges and the requirements of the energy transition, which deeply affects all key parameters of both the coal industry and countries and regions with significant reserves of energy resources and specializing in their production. One of the key drivers of the new development paradigm is the active formation of new value chains for high-tech products. The authors point out that despite the currently emerging paradigm of a carbon-free concept of energy development, the coal industry can be saved on the basis of a differentiated approach to upgrading value chains that can already be formed at existing coal mining enterprises.

**Keywords:** value chains, resilience, energy transition, new technologies

## ***Введение: проблемы стрессоустойчивости угольной отрасли***

Понятие «стрессоустойчивости» в экономические исследования пришло из психологии в начале 1970-х гг. в работе К. Холлинга (Holling C.S., 1973). В научной литературе интерес к стрессоустойчивости всегда возрастал в период резких потрясений: экономических и политических кризисов (Simmie, J.; Martin, R., 2010; Eraydin, A. 2016; Ezcurra R, Rios V. 2019). Большая часть экономических исследований пространственной стрессоустойчивости (Martin, R. and Sunley, P., 2015; Martin, R., Sunley, P., Gardiner, B. and Tyler, P., 2016). Изучение стрессоустойчивости компаний и отраслей, в том числе в добывающих не много (Mine 2021: Great expectations, seizing tomorrow, PWC 2021). В последнее время появились исследования пытающиеся установить связь между стрессоустойчивостью отраслей и характером преобладающих цепочек добавленной стоимости (Meller & Parodi, 2017, Pietrobelli et al., 2018; Кондратьев 2018, 2019), а также непосредственно вопросам формирования новых цепочек создания стоимости продукции [1-6], в том числе авторов настоящей статьи [7-11].

Уголь – традиционный энергетический ресурс, который достаточно распространен во многих странах мира и играет значительную роль в мировом энергетическом балансе. С переходом на возобновляемые источники энергии (солнечная, ветровая, биоэнергия и т.д.) и началом развития альтернативной энергетики роль угля как источника энергии стала сокращаться. Это нашло отражение в реорганизации угольной отрасли - массовом закрытии угольных предприятий и сокращении объемов добычи и потребления угля в развитых странах и перемещении спроса на уголь в менее развитые страны. Парижское соглашение по климату, принятие странами на себя обязательств планомерно снижать выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу посредством технологического перевооружения и адаптации к климатическим изменениям, еще больше сократило спрос на уголь.

Одновременно угольная отрасль столкнулась с такими проблемами как нестабильность мировых рынков, крайняя волатильность цен на уголь, формирование «рынка продавца», ориентированного на уголь со строго заданными свойствами. Все это сократило доходы угольных предприятий и сделало угольную отрасль крайне неустойчивой. Особенно остро эти проблемы коснулись стран и регионов, занятых добычей угля (табл.1)

Россия является шестой в мире страной по уровню добычи угля. Переход мировой экономики и энергетики на низкоуглеродную траекторию развития резко снижает стрессоустойчивость угольной отрасли – способность быстро реагировать и приспосабливаться к внешним негативным изменениям (краткосрочная перспектива) и находить и реализовывать перспективные направления развития (долгосрочная перспектива) (The art and science of enterprise resilience, PWC, 2020). Все это не только негативно влияет на российскую угольную отрасль, но и ведет к значительным социально-экономическим и экологическим рискам, как в целом стране, так и в регионах, специализирующихся на добычи угля.

## ТОП 10 стран по добыче угля (2009-2020 гг)

		Coal production (million tonnes)			Growth rate per annum 2020/2019	Growth rate per annum 2020/2009	Share (2020)
		2009	2019	2020			
1	China	2903,4	3846,3	3902,0	1,2%	2,1%	50,4%
2	India	515,8	753,9	756,5	0,1%	3,1%	9,8%
3	Indonesia	240,2	616,2	562,5	-9,0%	9,2%	7,3%
4	US	1063,0	640,8	484,7	-24,6%	-4,1%	6,3%
5	Australia	408,0	504,1	476,7	-5,7%	1,8%	6,2%
6	Russian Federation	330,2	440,9	399,8	-9,6%	3,8%	5,2%
7	South Africa	252,2	258,4	248,3	-4,1%	0,4%	3,2%
8	Kazakhstan	111,1	115,0	113,2	-1,9%	1,3%	1,5%
9	Germany	192,5	131,3	107,4	-18,4%	-3,3%	1,4%
10	Poland	144,0	112,4	100,7	-10,7%	-1,8%	1,3%
Total World		7050,1	8133,4	7741,6	-5,1%	-1,4%	8133,7

Источник: BP Energy Outlook 2021

К социально-экономическим рискам относятся: падение темпов роста экономики, сокращение занятости, снижение доходов населения и бюджета, рост социального неравенства и социальной напряженности. Новые экологические риски, которых не было при их эксплуатации угольных предприятий, способны свести на нет выигрыш от сокращения нагрузки на внешнюю среду благодаря закрытию угольных предприятий среди них наиболее важные: загрязнение подземных водоносных горизонтов и питьевых водозаборов; подтопление территорий, в том числе населенных пунктов; перетоки шахтных вод из затопленных шахт в действующие; неуправляемое выделение газов (метана, углекислого газа) (Агапов, 2008; Рудакова 2013).

Бывшие шахты продолжают выбрасывать метан в течение многих лет после закрытия. Эти выбросы остаются неконтролируемыми и неучтенными во многих угледобывающих регионах мира. Накапливающийся в выработанных пространствах газ при определённых горно-геологических условиях может выходить на земную поверхность, вызывая загазирование подвалов и других помещений, что неоднократно являлось причиной взрывов и травмирования людей. Случаи неорганизованного газовыделения из ликвидированных шахт происходили и происходят во всех угледобывающих странах. Так, например, в Кемеровской области - Кузбассе (Россия) взрыв газа метана произошёл в 2019 году в частном доме в результате выделения на поверхность метана из подземных выработок шахты, которая была закрыта 70 лет назад. По ориентировочным прогнозам, объёмы метана в техногенных коллекторах могут в 2–3 раза превышать объём газа, выделенного при добыче угля за весь период эксплуатации шахты, что подтверждается мировой практикой. Прогнозы мировых выделений метана из закрытых и закрываемых шахт показывают, что его объём составил 17 % в 2010 г. от

общего объема выделившегося в шахтах метана и к 2050 г. может увеличиться до 24 %, что имеет высокий потенциал влияния на глобальное потепление.

В этой связи будущее отрасли связано с оптимизацией добычи и переходом от экспорта угля к экологически чистому производству на его основе в угледобывающих регионах продукции с высокой добавленной стоимостью.

### *Методы и материалы*

В основе предлагаемого исследования лежит концепт стрессоустойчивости, адаптированный к условиям угольной отрасли. Он предполагает разделение угольной отрасли на отдельные сегменты в зависимости от типа цепочек добавленной стоимости (ЦДС), сложившихся в сегменте. Опираясь на анализ последовательности стадий создания стоимости и характер внутрифирменного и межфирменного взаимодействия в рамках сложившихся цепочек создания стоимости, подход позволяет сравнивать и выявлять конкурентные преимущества очень отличающихся по структуре, источникам прибыли и способам управления компаний, сопоставлять «прошлые», «настоящее», выделять наиболее глубокие изменения (апгрейд ЦДС), происходящие в отдельных компаниях и прогнозировать их «будущее» состояние (Park, Nayya et al 2013; Дементьев, Е. В. Устюжанина, С. Г. и др. 2018)

Для эмпирического измерения стрессоустойчивости угольных компаний был использован индекс устойчивости, который применяется для измерения стрессоустойчивости региональной экономики. Понимая различия между стрессоустойчивостью отдельных компаний и регионов, мы сочли возможным использования этого показателя, в основу которого положили изменения темпов роста добычи рядового угля. (Lagravinese, 2015; Faggian et al., 2018; Doran & Fingleton, 2016). Объектом анализа стали 92 компании, которые действовали в течение всего периода 2011-2020 годов. В качестве источников для написания статьи были использованы IAE, ВР, ЦДУ ТЭК, официальные документы компаний.

### *Результаты*

Проведенное исследование показало, что в российской угольной отрасли наблюдается четыре сегмента (группы компаний) с точки зрения стрессоустойчивости (реакции на внешний стресс). Самый низкий уровень стрессоустойчивости 1, самый высокий – 4 (табл. 2).

*Таблица 2*

Группы угольных компаний по уровню стрессоустойчивости (N=89)

Уровень стрессоустойчивости	Характеристика группы	Количество компаний	Доля от общего количества (%)
1	Низкое сопротивление на стресс и медленное восстановление	29	32,58
2	Низкое сопротивление на стресс и быстрое восстановление	15	16,85
3	Высокое сопротивление на стресс и медленное восстановление	26	29,22
4	Высокое сопротивление на стресс и быстрое восстановление	19	21,35

Источник: расчёты авторов

Также в отрасли было выделено четыре типичных модели ЦДС. Их характеристики и связь с уровнем краткосрочной стрессоустойчивости отражены в табл. 3.

Таблица 3

Типичные ЦДС в российской угольной отрасли

Тип цепочки	Способ обеспечения устойчивости	Типичный пример /доля добычи угля в России	Уровень стрессоустойчивости
1. Открытая короткая ЦДС рыночного типа	Работа на локальный рынок, узкая специализация, экономия на затратах, часто в ущерб безопасности	Небольшие независимые шахты и разрезы (незначительная доля)	1
2. Закрытая разветвлённая ЦДС.	Объединение нескольких небольших шахт и разрезов, вокруг торговой компании (торгового центра)	АО шахта Распадская (1 %);	1-2
3. Закрытая иерархическая цепочка	Производный характер спроса на уголь. Переаспределение доходов в пользу вышестоящих звеньев.	ООО «ЕвразХолдинг» (4%); ПАО «Мечел» (4%)	3-4
4. Закрытая иерархическая цепочка	Контроль всех основных звеньев от добычи до конечного потребления, перераспределение дохода	АС СУЭК (20%); АО УК «Кузбассразрезуголь» (9%)	4

Источник: расчёты авторов

Данные таблицы показывают, что наименее устойчивыми оказались ЦДС первого и второго типа, так как они в наибольшей степени подвержены рискам волатильности спроса и цен и не имеют возможности контролировать ЦДС и перераспределять прибыль внутри цепочки. Именно они в наибольшей степени нуждаются в модернизации (апгрейде). Апгрейд ЦДС угольной отрасли направлен на снижение неопределенности спроса и цен, обеспечение стрессоустойчивости компаний за счет повышения гибкости предложения и расширения масштаба производства с помощью включения в ЦДС производства смежных отраслей. Эти явления в наибольшей степени проявляются в компаниях 3 и 4 группы. Однако компании 1 и 2 группы способны остаться на рынке при определенной поддержке с стороны государства. Важно, чтобы апгрейд учитывал те вызовы, с которыми сегодня сталкиваются компании.

### Обсуждение

По мнению авторов, к наиболее перспективным направлениям апгрейда ЦДС угольной отрасли являются:

- удлинение ЦДС за счет внедрения чистых технологий использования и переработки угля;

- создание параллельных ЦДС за счет использования отходов;
- формирование разветвлённых ЦДС (превращение ЦДС компании в производственную сеть).

Успешность апгрейда ЦДС во многом определяется возможностью использования современных технологий переработки угля, использования отходов и расширением масштаба производства, выходом на неконкурентные рынки, локализацию новых сегментов ЦДС в принимающих регионах.

Примером первого варианта является внедрение низкорентабельных, гибких и экологически чистых технологий сухого обогащения угля. Также к этому варианту удлинения ЦДС можно отнести внедрение в электрогенерацию сверхкритических паровых установок. Они не только снижают выбросы  $\text{CO}_2$ , но и увеличивают эффективность электростанций – количество выделяемой энергии сгорания-стоимость на одну тонну. В мире уже есть опыт применения таких установок. По данной технологии в ОАЭ запустили первый блок угольной электростанции (Хассиан) стоимостью 3,4 млрд. долларов США, мощность которой к 2023 году вырастет до 2400 Мвт. Не менее важно то, что такой подход не только обеспечивает сохранение угольной отрасли в условиях энергоперехода, но и обеспечивает энергетическую безопасность (стрессоустойчивость региона) за счет дифференциации источников энергии.

Примером второго и третьего варианта апгрейда ЦДС может служить использование технологий низкотемпературного пиролиза. Они позволяют разделить уголь на газовое топливо и углеродный остаток и сокращают выбросы  $\text{CO}_2$  за счет перехода на экологически чистый источник энергии (газовое топливо) и получения карбонизата, позволяющий производить бездымное экологически чистое высококалорийное топливо вместо золошлаков. 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), и за счет возможности разной комбинации производства этих трех продуктов становится более гибкой, легче приспосабливается к изменению спроса и цен. Не менее важно, что такой тип ЦДС наиболее выгодно размещать непосредственно на принимающих территориях, что способствует преодолению моно отраслевой специализации регионов и повышает их стрессоустойчивость.

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

К таким перспективным направлениям апгрейда ЦДС можно отнести использование метанотрофных бактерий для получения белка, который может быть использован как в качестве комбикорма в рыбоводстве, птицеводстве и животноводстве, так и для производства ферментов, липидов, стероидов, антиоксидантов, пигментов, полисахаридов.

Закрытые шахты могут использовать извлеченный метан и как чистый энергетический ресурс. Такое решение позволяет также улучшить уровень безопас-

ности, 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 энергопитания внешних потребителей. Опыты использования таких технологий есть в Австралии, Германии, Бельгии, Польше, Франции и ряде других стран. Эти и другие негативные явления особенно остро проявляются на уровне регионов и их нельзя решить простым сокращением добычи угля.

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 «углеродонейтральная». Исследования на карбоновых полигонах с различными видами рельефа показали, что один гектар поверхности способен поглотить до 7 тонн углерода. При этом, себестоимость поглощения 1 тонны углерода менее \$3 США.

### *Заключение*

Несмотря на формирующуюся в настоящее время парадигму безуглеродной концепции развития энергетики, угольная отрасль может быть сохранена на основе дифференцированного подхода к апгрейду ЦДС на основе внедрения новых гибких технологий и учета специфики отдельных компаний. Важно то, что такие ЦДС могут быть сформированы еще на действующих угледобывающих предприятиях, в дальнейшем же появляется возможность создавать различные производства экологической продукции уже на основе действующих ЦДС.

### *Благодарности*

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01803, <https://rscf.ru/project/22-28-01803/>.

Авторы благодарят заведующую кафедрой прикладной математики Кемеровского государственного университета Е.С. Каган за оказанную помощь при подготовке статьи.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Gereffi G., Fernandez-Stark K. Global Value Chain Analysis: A Primer (Second Edition). [Электронный ресурс] Center on Globalization, Governance & Competitiveness. – Duke University. – 2016. Режим доступа: [http://www.cggc.duke.edu/pdfs/Duke\\_CGGC\\_Global\\_Value\\_Chain\\_GVC\\_Analysis\\_Primer\\_2nd\\_Ed\\_2016.pdf](http://www.cggc.duke.edu/pdfs/Duke_CGGC_Global_Value_Chain_GVC_Analysis_Primer_2nd_Ed_2016.pdf), свободный. – (дата обращения: 01.04.22).

2. Sturgeon T. J. How Do We Define Value Chains and Production Networks? // *IDS Bulletin*. – 2001. – Vol. 32. – № 3. – P. 9-18.
3. Park A., Nayyar G., Low P. Supply Chain Perspectives and Issues: A Literature Review [Электронный ресурс] // *WTO*. – 2013. – 234 p. Режим доступа: [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/aid4tradesupplychain13\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/aid4tradesupplychain13_e.pdf), свободный. – (дата обращения: 01.04.22).
4. Ferrantino M.J., Koten E.E. Understanding Supply Chain 4.0 and its potential impact on global value chains [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/gvc\\_dev\\_report\\_2019\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/gvc_dev_report_2019_e.pdf), свободный. – (дата обращения: 01.04.22).
5. Дементьев В. Е., Устюжанина Е. В., Евсюков С. Г. Цифровая трансформация цепочек создания ценности: «улыбка» может оказаться «хмурой» // *Journal of Institutional Studies*. – 2018. – Т. 10. – № 4. – С. 58-77.
6. Вдовин А. Н. Формирование цепочек создания стоимости продукции предприятий топливно-энергетического комплекса России // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2011. – № 44. – С. 23-28.
7. Никитенко С. М., Гоосен Е. В. Цепочки добавленной стоимости как инструмент развития угольной отрасли // *ЭКО*. – 2017. – № 9 (519). – С. 104-124.
8. Гоосен Е.В., Никитенко С.М., Филимонова И.В., Пахомова Е.О., Кавкаева О.Н. Новые цепочки поставок в мировом тэкс: перспективы российских ресурсных регионов // *Инновации*. – 2019. – № 9 (251). – С. 67-78.
9. Goosen E.V., Kagan E.S., Nikitenko S.M., Pakhomova E.O. evolution of VAC in the context of coal industry advance in the conditions of digitization in Russia // *Eurasian Mining*. – 2019. – № 2. – С. 36-40.
10. Никитенко С.М. Технологические инновации: спрос рождает предложение // *Инновации*. – 2006. – № 4 (91). – С. 3-5.
11. Никитенко С.М., Никифорова Л.Е. Концепция инновационного развития региона на основе методологии проектного управления (на примере Кемеровской области) // *Сибирская финансовая школа*. – 2011. – № 5 (88). – С. 96-103.

© Е. В. Гоосен, С. М. Никитенко, А. А. Киндяков, 2022