

Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России

О. А. Чернова  

Южный федеральный университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия
 chernova.olga71@yandex.ru

Аннотация. Достижение устойчивого развития угольной промышленности имеет стратегическое значение для обеспечения национальной безопасности. Цель статьи состоит в выявлении стрессовых факторов устойчивого развития угольной промышленности, связанных со сложившимися объективными тенденциями в российской и мировой экономике. Гипотеза исследования состоит в предположении, что понимание стрессовых факторов устойчивости развития угольной промышленности позволяет сформировать направления промышленной политики по предотвращению развития или минимизации последствий сложившихся негативных тенденций, ослабляющих потенциал отрасли в долгосрочной перспективе. Новизна исследования выражается в подходе к анализу факторов устойчивого развития, поскольку большинство исследователей не разделяет факторы риска и стрессовые факторы. При описании стрессовых факторов были выделены следующие их группы: финансовые, человеческие, технологические, политические и природно-экологические. В исследовании стрессовых факторов был использован контекстно-ориентированный подход. В результате исследования было выявлено, что основные стрессовые факторы устойчивого развития российской угольной промышленности связаны не только с реализацией программ декарбонизации мировых экономик, но и с рядом внутрисистемных проблем развития отрасли. В числе последних выявлены проблемы снижения внутреннего потребления угля, роста грузовых тарифов на железнодорожные перевозки, высокой степени импортозависимости угледобывающего производства на фоне низкого уровня инновационного потенциала отечественного машиностроения, наличия кадровых проблем в угледобывающем производстве и пр. Показано, что в Программе развития угольной промышленности России – 2035 не учитывается ряд стрессовых факторов, обусловленных сложившимися тенденциями развития взаимосвязанных и смежных отраслей и сфер деятельности. Исходя из этого предложены меры, направленные на повышение устойчивости развития угольной промышленности. Сделан вывод о необходимости выявления и оценки стрессовых факторов при формировании направлений промышленной политики. Практические результаты исследования могут быть использованы для разработки мер по укреплению долгосрочной устойчивости угольной промышленности и выборе инструментов реагирования на провоцируемые стрессовыми факторами риски.

Ключевые слова: угольная промышленность; устойчивое развитие; стрессовые факторы; риски; стратегическое развитие.

1. Введение

Устойчивость в последние годы является одним из основных императивов развития социально-экономических

систем всех уровней. Это во многом связано с усилением неопределенности внешней среды в условиях череды потрясений и угроз, обусловленных

изменением глобальной экономической структуры и эколого-экономическими кризисами. Выявление направлений повышения устойчивости имеет особое значение для угольной промышленности, которая, несмотря на существующие проблемы, остается одной из ведущих отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) национальной экономики. Экономические трудности, с которыми сталкивается угольная промышленность в настоящее время, могут стать основанием для реорганизации ее институциональных структур, развития новых технологий, реализации цифровых преобразований бизнес-процессов. Однако, для того чтобы данные трансформационные тенденции способствовали формированию и укреплению долгосрочной устойчивости угольной промышленности, необходимо своевременное выявление влияющих на нее факторов.

Как отмечают исследователи, угольная промышленность по сравнению с другими отраслями отличается более высокой степенью чувствительности к макроэкономическим потрясениям. Например, Wang et al. [1] отмечают существенную уязвимость объединений углепромышленных предприятий к шоку цен на энергоносители. К числу важных факторов, определяющих устойчивость к экономическим потрясениям, Wang et al. [2] также относят изменения глобальной экономической структуры. Поэтому для укрепления ее потенциала устойчивости к эндогенным и экзогенным угрозам имеет большое значение исследование стрессовых факторов, во многом определяющих вероятность и силу проявления рисков событий.

Следует отметить, что неэффективные управленческие решения в отношении формирования стратегических направлений развития угольной промышленности влекут для нее дополнительные потрясения.

Это предопределяет актуальность поставленной в данной статье цели – выявление стрессовых факторов устойчивого развития угольной промышленности, связанных со сложившимися объективными тенденциями в российской и мировой экономике.

Гипотеза исследования состоит в предположении, что понимание стрессовых факторов устойчивости развития угольной промышленности позволяет сформировать направления промышленной политики по предотвращению развития или минимизации последствий сложившихся негативных тенденций, ослабляющих потенциал отрасли в долгосрочной перспективе.

Новизна исследования выражается в подходе к анализу факторов устойчивого развития, поскольку большинство исследователей не разделяет факторы риска и стрессовые факторы.

Структура статьи выглядит следующим образом. В разделе «Степень изученности проблемы» проведен анализ источников с целью описания различных подходов, используемых исследователями при изучении факторов устойчивого развития угольной промышленности, а также для объяснения выбранной проблематики. В разделе «Методика исследования» мы излагаем выбранную процедуру проведения анализа стрессовых факторов; определяем перечень показателей, которые будут использованы для проведения анализа. В разделе «Результаты исследования» дается характеристика стрессовых факторов устойчивого развития угольной промышленности. Раздел «Обсуждение результатов исследования» посвящен сравнению полученных результатов с результатами аналогичных исследований, имеющимися в научной литературе, а также осмыслению возможностей их использования для разработки стратегических направлений повышения

устойчивости развития угольной промышленности. В заключении сделаны выводы относительно подтверждения авторской гипотезы, а также о практической значимости полученных результатов исследования.

2. Степень изученности проблемы

В силу высокой значимости угольной промышленности как для экономического развития страны, так и для обеспечения мировой энергетической стабильности, выявление факторов устойчивого развития отрасли находится в сфере пристального внимания ученых. Содержание наборов таких факторов, а также подходы к их анализу во многом определяются трактовкой категории «устойчивость».

Первое направление исследований связано с основной идеей, отражаемой концепцией устойчивого развития: удовлетворение потребностей настоящего и содействие социальному благополучию общества не должно осуществляться за счет возможности будущих поколений удовлетворять свои материальные и духовные потребности. Соответственно этому предполагается, что устойчивое развитие промышленных систем обеспечивается сбалансированностью их экономической, социальной и экологической подсистем на основе компромисса между деятельностью человека и силами природы.

Исследования проблематики устойчивого развития угольной промышленности в таком контексте сосредоточены на определении факторов и условий для обеспечения промышленного симбиоза в системе «ресурсы – продукты – отходы (вредные выбросы)» [3]. Neves et al. [4] аргументируют, что устойчивость развития угольной промышленности выражается максимально эффективным использованием ресурсов

и энергии с минимизацией отходов и вредных выбросов в окружающую среду.

В целом, несмотря на некоторые различия в терминах, все исследователи осуществляют научный поиск факторов устойчивого развития в следующих ключевых областях: экономика, общество, ресурсы, окружающая среда, технический прогресс и государственная политика [5]. Так, Wang et al. [6] к факторам устойчивого развития угольной промышленности относит ресурсы, технологии, характер влияния на окружающую среду и ожидаемые выгоды.

В качестве основного инструмента для обеспечения устойчивого развития исследователи предлагают внедрение инновационных ресурсосберегающих технологий, позволяющих повысить экологическую эффективность угольной промышленности [7] и технологическую безопасность производства [8]. Например, Gao [9] исследует механизмы устойчивого развития угольной промышленности с точки зрения влияния следующих факторов: рабочая сила, производственная мощность, режим работы и пр., которые в совокупности позволяют повысить эффективность извлечения минеральных ресурсов. Также широко обсуждаемыми являются перспективы внедрения бизнес-моделей циркулярной экономики в горнодобывающее производство [10]. В этом контексте значительное внимание уделяется факторам, которые препятствуют внедрению таких практик [11].

Другое направление исследований факторов устойчивого развития угольной промышленности связано с погружением национальных экономик в «новую реальность», начало которой было обозначено мировым финансовым кризисом 2008 г. Новый императив создания устойчивости связан с определением термина «устойчивость» как

состояния экономической системы, ориентированного на «внешний удар» [12]. Другими словами, устойчивость рассматривается как способность системы вернуться в исходное состояние после окончания воздействия внешнего шока. В результате в определении факторов устойчивого развития угольной промышленности Giacometti и Teräs [12] сосредотачиваются на тех, которые бы способствовали ее восстановлению в условиях возникновения экзогенных воздействий.

В выделении таких факторов и понимании степени их влияния существует достаточно большое количество точек зрения. Например, Астафьева [13] рассматривает роль логистической составляющей в модели устойчивого развития отрасли. Магарил и Мацнева [14] акцентируют внимание на роли институциональных и внеинституциональных взаимодействий. Tai et al. [15] считают, что устойчивость развития угольной промышленности может быть обеспечена только за счет технологических инноваций.

Также исследователи по-разному группируют влияющие факторы. Систематизируя различные подходы к определению факторов устойчивого развития угольной промышленности, можно выделить следующие их основные группы в зависимости от уровня возникновения:

- факторы макроуровня – геополитические факторы, конъюнктурные факторы [16], а также государственная политика, координирующая развитие отрасли [17];

- факторы отраслевого уровня, специфические для угольной промышленности, которые определяют ее инновационные возможности [18] и социально-экономический потенциал [19];

- факторы микроуровня, способствующие предприятию обеспечить

эффективность производственно-хозяйственной деятельности и способность адаптироваться к меняющимся внешним условиям [20].

Также достаточно частым является разделение факторов на внешние и внутренние [21], сдерживающие и ростоформирующие [22].

Развитие глобальных тенденций декарбонизации и вызванные ими конъюнктурные изменения на мировом рынке угля послужили импульсом для исследований факторов и условий, открывающих перспективы развития отраслей ТЭК в новых реалиях.

В контексте дискуссий о направлениях развития угольной промышленности в условиях декарбонизации исследователи отмечают, что ее будущее во многом определяется способностью поглощать и предотвращать риски, а также предвидеть стрессовые факторы развития [23]. Новая политика развития угольной промышленности должна предусматривать превентивные меры постоянного реагирования на возникающие угрозы [24]. Следовательно, внимание исследователей смещается с выявления тех факторов, которые позволяют вернуться назад в исходное «дошоковое» состояние, на выявление тех факторов, которые позволяют выйти на новую траекторию развития.

Однако в существующих исследованиях факторов устойчивого развития отрасли акцент, как правило, делается на тех из них, которые обусловлены неопределенностью и турбулентностью внешней среды. Так, например, по мнению Наке, профессора Института исследований в области энергетики и климата, перспективы развития современных энергосистем определяются следующими факторами, тренды развития которых существенно различаются по скорости эволюции: «волатильность цен на энергоносители, стремительный

технологический прогресс и геополитические сдвиги» [25, с. 7]. Нуреев и Бусыгин [26] также к числу важнейших факторов, определяющих устойчивость развития отраслей ТЭК, относят изменение цен на энергоносители, уровень промышленной активности, а также экологические факторы.

Стоит отметить, что, говоря об условиях неопределенности, мы в большей степени рассматриваем риски, которые способны привести к краткосрочному шоку в развитии экономической системы. Тогда как устойчивость – это не характеристика сиюминутного состояния системы, а долгосрочная способность к самовосстановлению в условиях экзогенных изменений, способность адаптации к новым вызовам. Данная способность обеспечивается совокупностью разнообразных факторов, связанных со сложившимися тенденциями в развитии отрасли, в национальной или мировой экономике. В случае негативных тенденции следует говорить о наличии стрессовых факторов. В отличие от лимитирующих (негативных, сдерживающих) факторов, которые определяют ограничения в развитии в краткосрочном периоде, стрессовые факторы отражают сложившиеся долгосрочные тенденции, ослабляющие потенциал отрасли и ведущие к «кризису медленного выгорания» [27]. В отличие от рисков стрессовые факторы являются предсказуемыми событиями.

Понимание сущности и характера воздействия стрессовых факторов на перспективы развития угольной промышленности остается достаточно дискуссионным и практически неисследованным вопросом. Так, несмотря на то, что Программой развития угольной промышленности до 2035 г.¹ ставятся

¹ Программа развития угольной промышленности до 2035 г. Распоряжение Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р.

стратегические задачи повышения ее устойчивости, методика анализа факторов в ней базируется на принципах обеспечения статического равновесия с характеристикой традиционных паттернов эффективного производства: производительность труда, конкурентоспособность российских углей, затраты на производство, выбросы в окружающую среду и пр. Это не позволяет дать адекватную оценку стрессовым факторам, наличие которых может сказаться на силе и характере проявления рисков, связанных с конъюнктурными изменениями на рынке. Соответственно повышается риск принятия управленческих решений, которые усугубят негативные проявления внешних шоков.

Попытка разделения факторов на циклические и системные ограничения в зависимости от продолжительности и характера их воздействия в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе, представлена в работе Кусургашиевой и др. [28] Однако в данном исследовании авторы в основном сосредоточиваются на внешних факторах, определяющих совокупный спрос на уголь, игнорируя при этом внутрисистемные проблемы развития самой отрасли. Отдельные системные проблемы формирования долгосрочной устойчивости угольной промышленности рассматриваются в работах: Рожкова и др. – роль инженерно-технического фактора [29]; Соловенко и др. – роль интеллектуально-инновационного фактора [30]; Жабина и др. – роль факторов социально-ответственного поведения [31]. Целостный взгляд на стрессовые факторы, определяющие устойчивость развития угольной промышленности, отсутствует.

Таким образом, проведенный обзор источников позволяет сделать вывод

<http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CNNAxwIYZEE6zm6I52S.pdf> (дата обращения: 12.01.2022).

о том, что существующие исследования факторов устойчивого развития угольной промышленности имеют некоторые ограничения.

Во-первых, большая часть исследований сосредоточена на эколого-экономических факторах устойчивого развития отрасли, а также рисках, связанных с вызовами декарбонизации экономик и неопределенностью внешней среды. Другим факторам устойчивого развития уделяется гораздо меньше внимания.

Во-вторых, в имеющихся исследованиях внутренних факторов, задающих параметры устойчивого развития угольной промышленности, в основном обсуждаются текущие проблемы отрасли, а исследование системных проблем с выявлением сложившихся долгосрочных негативных тенденций довольно редки.

В-третьих, с точки зрения содержания исследований факторов устойчивого развития в имеющихся работах в основном обсуждаются концептуальные рамки, подходы и оценочные индексы устойчивого развития, пренебрегая тем, что выявление стрессовых факторов, определяющие негативные тренды развития отрасли, являются основой для разработки мер по повышению ее устойчивости.

В итоге, несмотря на значительное количество работ, посвященных проблематике обеспечения устойчивого функционирования угольной промышленности, существует необходимость проведения дополнительных изысканий, связанных с выявлением и исследованием тех факторов, которые проявляются не как внезапные события (или серия событий) и являются разрушительными в краткосрочном периоде, а тех, которые отражают долгосрочные тенденции, ослабляющие потенциал отрасли и повышающие ее уязвимость к различного рода потрясениям.

3. Методика исследования

В данном исследовании в понимании факторов устойчивого развития угольной промышленности мы базировались на концепции неопределенности и риска, что позволило провести различие между рисками и стрессовыми факторами с точки зрения их проявления и влияния на потенциал промышленности в долгосрочной перспективе.

При изучении влияния стрессовых факторов на параметры устойчивого развития угольной промышленности мы имели в виду устойчивость именно промышленности, а не отдельных угледобывающих предприятий. Как отмечают Holm и Østergaard [32], устойчивость отрасли определяется ее способностью в целом приспособиться к новым условиям, а не сохранить количество функционирующих в ней предприятий. Соответственно, в качестве показателей устойчивости развития угольной промышленности мы рассматривали увеличение в ней деловой и инновационной активности, а не обеспечение «выживаемости» всех предприятий в условиях кризиса.

Процедура исследования включала в себя два основных этапа.

На первом этапе была дана характеристика «ландшафта» стрессовых факторов устойчивого развития угольной промышленности, ослабляющих ее потенциал в долгосрочной перспективе. Мы выделили следующие основные группы стрессовых факторов, ориентируясь при этом на определяемые Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) факторы устойчивого развития: финансовые, технологические, человеческие, политические и природно-экологические².

² OECD (2014). Guidelines for resilience systems analysis, OECD Publishing. URL: [https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DCD/DAC\(2014\)43&docLanguage=En](https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DCD/DAC(2014)43&docLanguage=En) (дата обращения: 12.01.2022).

Учитывая дефицит статистической информации в отношении характеристики отдельных показателей развития российской угольной промышленности, в исследовании стрессовых факторов мы использовали контекстно-ориентированный подход. Данный подход является наиболее подходящим, когда исследование заключается в комментировании и повествовательном описании фактов.

Информационной основой для проведения анализа послужили официальные данные сайта Министерства энергетики РФ; Программа развития угольной промышленности до 2035 г.; материалы Энергетического бюллетеня Аналитического центра при Правительстве РФ; публикации по теме исследования (60 статей). С технологической точки зрения внимание уделялось характеристике состояния угольной промышленности России за период с 2015 г., когда было заключено Парижское соглашение по климату, запустившее процессы декарбонизации в мировой экономике, по настоящее время.

В характеристике стрессовых факторов мы основывались на следующих показателях (табл. 1).

Следует отметить, что в данном исследовании мы сосредоточили внимание на исследовании тех факторов, которые отображают способность угольной промышленности противостоять внешним вызовам с помощью собственных адаптивных возможностей. При этом не ставилась задача анализа конкретных результатов этих усилий, таких как объемы добычи угля, производительность труда, численность занятых в отрасли и т. п.

Второй этап исследования выражался в осмыслении того, в какой мере стрессовые факторы развития угольной промышленности учтены в Программе-2035; в сравнении полученных результатов с результатами аналогичных исследований, имеющимися в научной литературе, а также в определении возможностей их использования для разработки стратегических направлений повышения устойчивости развития отрасли.

4. Результаты исследования

4.1. Финансовые стрессовые факторы

Характеризуя долю угля в энергетическом балансе страны, можно отметить выраженную тенденцию ее

Таблица 1. Основания для характеристики стрессовых факторов развития угольной промышленности

Table 1. Reasons for characterizing stress factors in the development of the coal industry

Группа факторов	Показатели	Основание для выбора показателей
Финансовые	<ul style="list-style-type: none"> – доля угля в энергетическом балансе страны; – внутренний и мировой спрос на уголь; – мировые цены на уголь; – объем инвестиций в угольную промышленность 	Факторы, определяющие промышленную ценность угледобывающего производства
Технологические	<ul style="list-style-type: none"> – уровень износа основных фондов; – импортозависимость производства 	Факторы, определяющие инновационные возможности угледобывающей промышленности

Окончание табл. 1

End of table 1

Группа факторов	Показатели	Основание для выбора показателей
Человеческие	– уровень травматизма и аварийности на производстве; – количество вузов, ведущих подготовку по горным специальностям	Факторы, характеризующие безопасность трудовой деятельности, а также определяющие возможности подготовки квалифицированных кадров для угольной промышленности
Политические	– сферы государственного регулирования деятельности угледобывающих предприятий; – тарифы на деятельность естественных монополий	Факторы, определяющие институциональные возможности для модернизационных преобразований отрасли
Природно-экологические	– показатели загрязнения окружающей среды; – природно-климатические факторы	Факторы, отражающие «взаимоотношения» с окружающей средой

Источник: составлено автором.

снижения, что связано с постепенным уходом России от угольной генерации. Если в 2015 г. доля угля в энергетическом балансе национальной экономики составляла 17,4%, то в настоящее время – около 12%. При этом только в 2020 г. за счет снижения потребления угля в электроэнергетике его поставка на внутренний рынок снизилась на 10,6% к 2019 году³. Следует отметить, что обсуждаемая возможность внедрения в России инструментов углеродного ценообразования представляет серьезную угрозу с точки зрения еще большего снижения внутреннего спроса на уголь.

В то же время, несмотря на развитие в мире процессов декарбонизации, многие страны не готовы отказаться от угля в пользу альтернативных источников энергии. Несмотря на быстрый рост производства электроэнергии из возобновляемых источников,

³ Источник: Министерство энергетики РФ : [офиц. сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 12.01.2022).

мировой спрос на уголь в целом остается стабильным благодаря экономическому росту стран Южной Азии, Кореи, Индии и других. Например, в энергетическом балансе Казахстана 49,3% приходится на уголь; в Австралии – 21%, в Китае – 57%⁴. В условиях пандемии мировой спрос на уголь несколько снизился ввиду приостановления деятельности в ряде смежных отраслей (рис. 1). Тем не менее предполагается, что спрос на уголь будет продолжать расти в интересах экономического и социального развития. Например, в сталелитейной промышленности использование угля встроено в технологию производства, что защищает уголь от других энергоносителей [33].

Учитывая снижающийся спрос на уголь на внутреннем рынке, будущее угольной промышленности России во многом связано с развитием экспортных поставок. В настоящее время доля экспорта в поставках угольной

⁴ Там же.

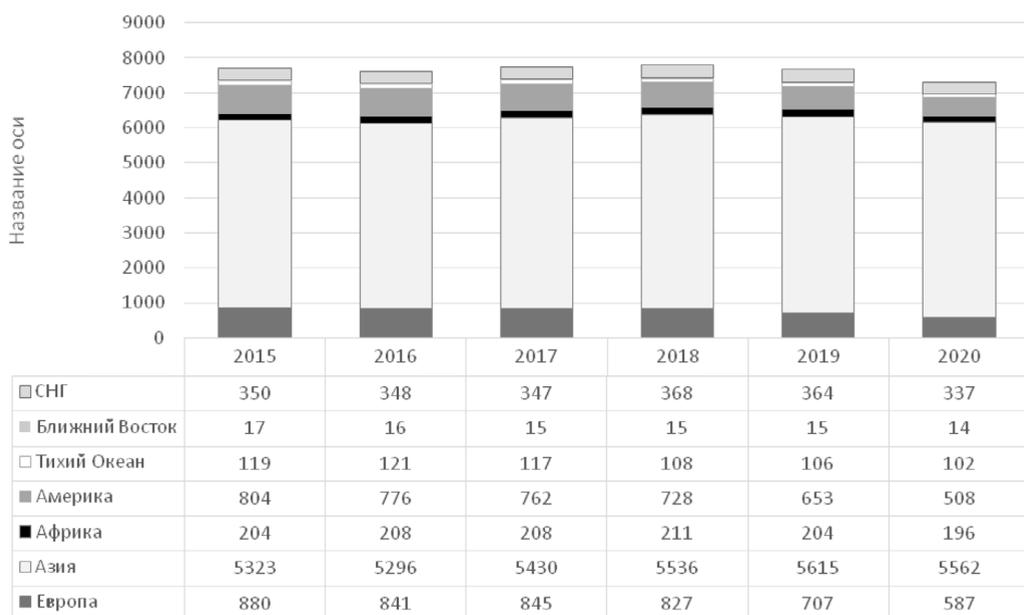


Рис. 1. Мировой спрос на уголь, млн т
Figure 1. World demand for coal, million tons

Источник: Статистический ежегодник мировой энергии. URL: <https://yearbook.enerdata.ru/coal-lignite/coal-world-consumption-data.html>

продукции составляет 54%. Основная его доля приходится на энергетические угли – 89%, доля коксующихся углей составляет 11% [34]. К 2035 г. предполагается увеличение доли экспорта в поставках угольной продукции до 66%. Соответственно в развитии угольной промышленности России возрастает значимость стрессовых факторов, связанных с изменением мировых цен на уголь.

Угольная промышленность, как отмечают Fijorek et al. [35], особенно восприимчива к ценовым шокам по причине ограниченной возможности диверсификации структуры доходов. Мировые цены на энергетический уголь с 2015 г. в целом имеют положительную динамику. Среднегодовые темпы роста составляют 3 и 5% в Азии и Европе соответственно. В тоже время на коксующиеся угли наблюдается отрицательная динамика цен: по сравнению с январем

2019 г. в апреле 2021 г. цены снизились почти в 2 раза⁵. По долгосрочному сценарию развития рынка ТЭК прогнозируется снижение цены на уголь на 7–10% на период до 2035 г.

Как показывают проведенные автором расчеты параметров динамического равновесия угольной промышленности, устойчивость ее развития обеспечивается (при прочих равных условиях) при условии их роста не менее чем на 3% [36]. Поэтому возможное снижение цен на уголь является серьезным стрессовым фактором, представляющим угрозу устойчивому развитию угольной промышленности.

Еще одним значимым финансовым стрессовым фактором может стать

⁵ Перспективы мирового угольного рынка // Энергетический бюллетень. Выпуск 96. Май. 2021. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/бюллетень_№_96.pdf (дата обращения: 22.12.2021).

снижение инвестиционной привлекательности угледобывающей промышленности, что ведет к закрытию шахт при наличии там запасов, возможных для разработки [37]. Если рассматривать положение в отрасли в целом, то можно отметить, что объем инвестиций в основной капитал в угольной промышленности России в фактически действовавших ценах увеличился с 60,6 млрд руб. в 2015 г. до 174,3 млрд руб. в 2019 г. В 2020 г. объем инвестиций снизился до 127,1 млрд руб., что связано не только с коронакризисом, но и с сокращением количества угледобывающих предприятий, снижением внутренне-го потребления и падением цен на мировом рынке, а также с постепенным отказом многих стран от угольной генерации (рис. 2). В постоянных ценах по данным Росстата индексы физического объема инвестиций в основной капитал в угольной промышленности в целом отражают ту же тенденцию.

Тем не менее финансирование проектов разработки новых месторождений, а также проектов модернизации угледобывающих предприятий продолжается. Так, в России одобрено 6 из 15 инвестиционных проектов

прогнозной характеристикой 63,1 млн т в год⁶. Поэтому некоторое снижение инвестиционной активности в отрасли пока еще не является стрессовым фактором развития.

В то же время рост стоимости кредитных ресурсов может ограничить доступ угледобывающих компаний к капиталу, сдерживая возможности реализации модернизационных проектов. Принимая во внимание стратегическую роль угледобывающей промышленности в экономическом развитии национальной экономики, следует учитывать, что любые изменения в финансовом секторе находят отражение в секторе угледобывающего производства, многократно усиливаясь. Так, ужесточение условий кредитования может стать источником шока для угледобывающих предприятий и привести к неспособности выполнить обязательства перед банком. В свою очередь, это может инициировать возникновение эффекта домино, отражаясь на деятельности

⁶ Перспективы мирового угольного рынка // Энергетический бюллетень. Выпуск 96. Май. 2021. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/2021/бюллетень_№_96.pdf (дата обращения: 22.11.2021).

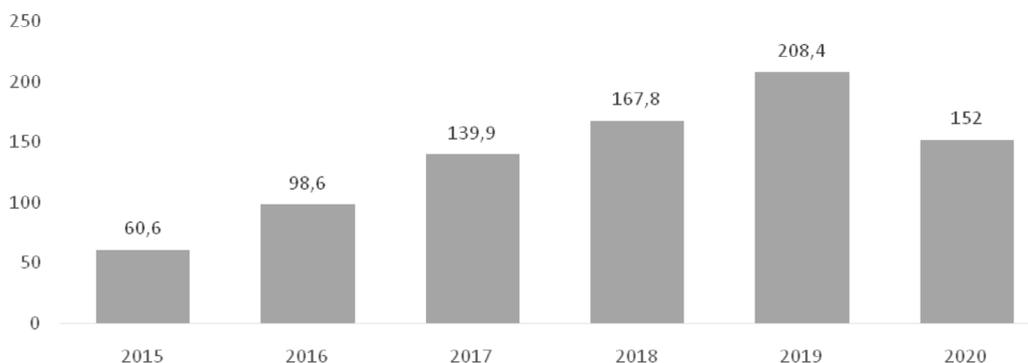


Рис. 2. Объемы инвестиций в основной капитал в угольной промышленности России, млрд руб.

Figure 2. Investments in fixed capital in the Russian coal industry, billion rubles

Составлено автором по источникам: Росстат. Промышленное производство России 2021. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13225>

отраслей, использующих уголь в качестве ресурса.

4.2. Технологические стрессовые факторы

Данные факторы проявляются в процессе трансформации промышленного производства в результате появления новых технологических инноваций.

Технологические инновации в промышленности связаны с цифровизацией и автоматизацией производственных процессов [38]. Предполагается, что цифровизация позволит снизить себестоимость добычи угля на 7–20% за счет оптимизации режимов работы и снижения потерь; увеличить объемы добычи на 5–7%, а также повысить безопасность работ⁷. Благодаря использованию инновационных технологий становится возможным решение проблемы избыточных мощностей по добыче угля, что, как отмечают исследователи, является важной частью процесса декарбонизации [39]. Однако внедрение инноваций в российской угольной промышленности осложняется наличием ряда системных проблем,

которые можно определить как стрессовые факторы.

В первую очередь, это высокая степень износа горно-шахтного оборудования, не позволяющая на ее основе использовать высокие технологии добычи угля категории «Hi-Tech». По данным Росстата, на протяжении последних пяти лет степень износа основных фондов в сфере добычи угля составляет более 50%, а удельный вес полностью изношенных фондов по состоянию на 2020 г. – 21,2% (рис. 3). При этом показатель обновления основных фондов имеет тенденцию к снижению. Если в 2017 г. коэффициент обновления основных фондов в угольной промышленности составлял 14,1%, то в 2020 г. – 9,5%.

Примечательно, что обновление фондов в угольной промышленности осуществляется за счет импортного оборудования. Причем уровень импортозависимости отечественной промышленности постоянно растет. Если в 2011 г. средний процент импорта горно-шахтного оборудования составлял 53,76%, то в 2015 г. он был равен 66,07%, а в 2019 г. составил уже 93%. Наиболее импортозависимыми позициями (более 75% импорта) по горно-шахтному оборудованию являются

⁷Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты : доклад к XXII Апрельскому международному научному конгрессу по проблемам развития экономики и общества. М., 2021. 239 с.



Рис. 3. Степень износа основных фондов в угольной промышленности России, %

Figure 3. The degree of depreciation of fixed assets in the Russian coal industry, %

Составлено автором по источникам: Росстат. Промышленное производство России 2021. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13225>

многоковшовые экскаваторы (100%), дизелевозы (99,6%), погрузчики для открытых горных работ (93%), очистные комбайны (80%) и бульдозеры (76%), электровозы (65%). Менее импортозависимыми являются ленточные и скребковые конвейеры (около 10%), вагонетки и толкатели (0%) [40]. В целом в 2020 г. стоимость соглашений на импорт технологий в сфере добычи полезных ископаемых составила 1310 млн долл. США при стоимости экспорта – 0,1 млн долл.⁸

В России имеется более 60 компаний, производящих различные типы горно-шахтного оборудования. Однако анализ их технических характеристик свидетельствует о том, что даже лучшие производимые образцы не соответствуют уровню аналогичной техники, применяемой за рубежом, и только некоторые опытные образцы приближаются к их характеристикам [41]. Например, показатель среднемесячного подвигания забоя при использовании отечественной техники (комбайны ГПКС и КП 21) составляют 63,0–96,5 м, тогда как при использовании комбайнов

Dosko JOY среднемесячное подвигание достигает 138–213 м [42].

Высокая импортозависимость угольной промышленности на фоне низкого инновационного потенциала отечественного машиностроения является наиболее значимым стрессовым фактором, представляющим угрозу устойчивому развитию угольной промышленности РФ, поскольку отражает низкий уровень ее адаптивности к внешним вызовам, неспособность обеспечивать структурную эффективность в промышленных масштабах.

4.3. Человеческие стрессовые факторы

В исследовании устойчивости недостаточно изучать только финансово-технологические факторы. Важно понимать, в какой мере человеческий фактор способствует решению задач повышения устойчивости.

В горнодобывающем производстве имеется большое количество разнообразных ситуаций, которые могут спровоцировать аварию, привести к травмам работников и смертельному исходу. Данные Ростехнадзора о количестве аварий и смертельных случаях на угольных шахтах приведены на рис. 4.

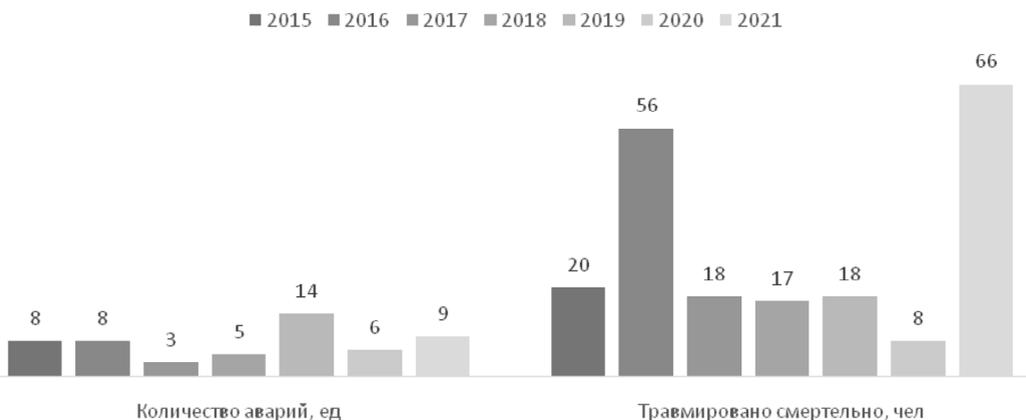


Рис. 4. Показатели аварийности и травматизма в угольной промышленности

Figure 4. Accident and injury rates in the coal industry

Источник: данные Ростехнадзора. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/mining/>

Анализ причин аварий на угольных шахтах свидетельствует о том, что большинство из них связано с человеческим фактором – ошибками работников, возникающими по причине недостатка имеющихся профессиональных навыков [43]. Основные травмы связаны с использованием транспортных средств и механизмов и работе с электрооборудованием [44]. При этом следует принимать во внимание, что современные тренды развития угольной промышленности, связанные с системными цифровыми трансформациями, требуют постоянного развития компетенций в отношении использования новых технологий. Поэтому основные стрессовые факторы, определяющие человеческие риски, – это прежде всего нехватка квалифицированных работников и недостаток компетенций, в том числе у руководителей различного уровня управления.

Ряд исследователей подтверждают гипотезу о том, что поведение руководства оказывает непосредственное воздействие на безопасность деятельности работников. Так, Zhang et al. [45] подчеркивают, что более 90% аварий обусловлены непосредственно человеческими факторами. При этом, как отмечает Chen [46], человеческий фактор во многом способствует предотвращению несчастных случаев, а его значимость увеличивается в отраслях с опасным производством. Fa et al. [47] обосновывают, что угольная промышленность отличается наиболее высоким уровнем риска по сравнению с другими отраслями, поэтому четкое руководство, умение видеть направления стратегического развития – это тот значимый фактор, который определяет перспективы устойчивого развития угольной промышленности.

Поэтому проблемы, связанные с подготовкой квалифицированных

специалистов для российской угольной промышленности, можно рассматривать как стрессовый фактор для ее устойчивого развития. Лялин и др. [48] отмечают кадровый голод в отечественной угольной промышленности. По данным Росстата, ежегодное выбытие работников по собственному желанию в последние 5 лет составляет около 20% от общей численности, из них 60% увольняются по собственному желанию.

В 2021 г. в России по специальности горное дело осуществляли подготовку 62 российских вуза. При этом в рейтинге специальностей «Горное дело» занимало 100-е место, а средний балл для поступающих на бюджет на горные специальности году находился в пределах от 39 до 45 (исключение составляли Национальный исследовательский технологический университет МИСиС со средним баллом 88 и Санкт-Петербургский государственный университет со средним баллом 64)⁹. На этом фоне многие базовые для угольных предприятий вузы сокращают перечень горняцких специальностей. Сокращается и количество бюджетных мест на данные специальности. При этом примечательно, что некоторые вузы предлагают получить образование горного инженера по специальности «Маркшейдерское дело» дистанционно¹⁰. Безусловно, такое обучение

⁹ Поступи онлайн : [сайт]. URL: <https://postupi.online/professiya/gornyj-inzhener/vuzi/> (дата обращения: 12.01.2022).

¹⁰ Например, Московская академия народного хозяйства и государственной службы : [офиц. сайт]. URL: https://manepa.ru/instituty-i-fakultety/inzhenernotekhnicheskij-institut/gornoe-delo/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=Vitamin_Gornoe_delo_Poisk_Rossiya&utm_content=11522912100&utm_term=горное%20дело%20специальность&yclid=15853169083871920127 (дата обращения: 12.01.2022).

не способно обеспечить качественную подготовку специалиста. Поэтому не удивительно, что угледобывающие компании высказывают неудовлетворенность уровнем подготовки выпускников вузов.

Вместе с тем отметим, что разрабатываемые Департаментом внешнеэкономического сотрудничества и развития топливных рынков механизмы целевого обучения специалистов ориентированы на то, чтобы повысить качество подготовки специалистов для угледобывающего производства¹¹.

4.4. Политические стрессовые факторы

В условиях экономических потрясений многими исследователями признается ведущая роль государства в поддержании устойчивости развития экономических субъектов. Государственная политика во многом определяет восстановительную способность отдельных отраслей, возможность их адаптироваться к внешним вызовам. Политика, проводимая как на национальном, так и на субнациональном уровнях позволяет не только справиться с текущим кризисом, но и повысить устойчивость системы к будущим кризисам. Политические инструменты содействуют развитию связей в экосистемах, способствующих модернизационным преобразованиям [49].

В угольной промышленности в последние годы значительное внимание было уделено вопросам повышения промышленной безопасности. Так, в 2020 г. было принято 12 нормативно-правовых документов в отношении установления норм и правил безопасности, правил локализации и ликвидации последствий аварий, норм и правил

¹¹ Министерство энергетики РФ : [официальный сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 12.01.2022).

по предупреждению пожароопасности на объектах ведения горных работ и пр.¹²

Одновременно следует отметить, что проводимая государственная политика может стать источником формирования стрессовых факторов. Угольная промышленность в значительной степени зависит от выбранной государством энергетической стратегии, от уровня государственного регулирования тарифов естественных монополий (электроэнергия, железнодорожные перевозки).

Государственная политика в области тарифного регулирования характеризуется устойчивой тенденцией сдерживания роста цен, но при этом в России за последние годы наблюдается постоянный рост тарифов как на электроэнергию (ежегодный прирост около 3%¹³), так и на железнодорожные перевозки (ежегодный прирост около 4%¹⁴).

Учитывая, что перевозка угля осуществляется преимущественно железнодорожным транспортом, а в себестоимости угля транспортные расходы имеют значительный удельный вес, ежегодный прирост железнодорожных тарифов может стать значимым стрессовым фактором для развития угольной промышленности. При этом отмечается растущая тенденция смещения акцентов в поставках угля с национального рынка на международный в результате декарбонизации экономики. Это связано с тем, что в мировой экономике происходит значительное снижение транспортных расходов морской торговли, что, как отмечает Khan et al. [50], делает возможным транспортировку угля на большие

¹² Данные официального сайта Ростехнадзора. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/coal/Acts/> (дата обращения: 12.01.2022).

¹³ Тарифная кампания в электроэнергетике на 2020 год : информ.-аналит. бюллетень. М., 2020. 35 с.

¹⁴ Цены в России. 2020 : стат. сб. Росстат. М., 2020. 147 с.

расстояния. В итоге США и Австралия могут усилить свои конкурентные позиции на мировом рынке угля.

В целом можно отметить, что политические стрессовые факторы формируются в результате принимаемых на любом политическом уровне решений, связанных с изменением «правил игры» на рынке топливно-энергетических ресурсов, с изменением налоговых ставок, введением новых экологических норм и пр. Наряду с этим стоит учитывать и геополитические стрессовые факторы, которые являются результатом ухудшения отношений между государствами, что ведет к нарушению процессов производства и потребления угольной продукции за счет введения тарифов и санкций.

4.5. Природно-экологические стрессовые факторы

Факторы устойчивого развития угольной промышленности связаны с высокой степенью ее зависимости от состояния региональных экосистем, а также природно-климатических факторов. Так, угольная промышленность является крупнейшим потребителем воды [51]. Поэтому в исследовании факторов устойчивого развития угольной промышленности многие исследователи обращают внимание

на важность эффективного водопотребления. Рациональность водопользования определяется учеными как важнейший фактор в устойчивом развитии экономической системы любого уровня [52]. Многие российские регионы, в которых расположены угледобывающие производства, отличаются высокой водоемкостью, что ведет к рискам, связанным с доступностью водных ресурсов [53]. В этой связи значимым стрессовым фактором устойчивого развития угольной промышленности может стать истощение водных ресурсов региона.

Решение данной проблемы во многом обеспечивается реализацией схем повторного использования воды в горнодобывающем производстве. Это позволило снизить сброс загрязненных источников в поверхностные водные объекты (рис. 5).

Еще одной важной проблемой является истощение запасов угля в России. По оценкам Роснедр, при текущих темпах добычи запасов угля хватит еще более чем на 100 лет. Однако значительная часть запасов сосредоточена в тонких и трудноизвлекаемых пластах, что предполагает необходимость реализации новых технологий выемки угля с использованием передовой горной техники. Так, в России в настоящее время



Рис. 5. Сброс загрязненных сточных вод по виду деятельности «добыча угля», тыс. т
Figure 5. Discharge of polluted wastewater by coal mining, thousand tons

Источник: Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13294>

технологически решены вопросы выемки пластов мощностью более 1,2 м, тогда как для пластов мощностью менее 0,8 м технические средства выемки отсутствуют [54]. Принимая во внимание описанные выше проблемы развития материально-технического базиса российского горного производства, истощение запасов угля можно считать значимым стрессовым фактором устойчивого развития национальной угольной промышленности.

Угледобывающая промышленность несет ответственность за многочисленные экологические последствия, связанные не только с нарушением водного баланса регионов [55], но и с загрязнением почв и воздуха [56]. По данным Росприроднадзора, за последние 10 лет динамика показателей влияния угольной промышленности на окружающую среду значительно ухудшилась. Так, при увеличении объемов добычи на 30 % площадь нарушенных земель увеличилась на 154 % при сокращении площади рекультивированных земель на 42 %. Объем накопленных отходов вырос на 30 %¹⁵.

¹⁵ Росприроднадзор : [официальный сайт]. URL: <https://rpn.gov.ru/upload/iblock/b2b/b2b4fde9c03319d3064bf2b4cfc6715.pdf> (дата обращения: 12.01.2022).

Угольная промышленность является одним из основных источников загрязнения атмосферы. Так, доля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу угольной промышленностью в общем объеме выбросов в 2020 г. составила 8 %. Динамика объемов выбросов в атмосферу угольной промышленностью представлена на рис. 6.

Также считается, что угольная промышленность негативно влияет на климат, представляя серьезную угрозу глобального потепления из-за интенсивных выбросов углерода. По оценкам Центра «ФОБОС», при сохранении объема выброса парниковых газов в результате работы угольных электростанций средняя глобальная температура к концу XXI века повысится на 6 °С при принятом международным сообществом пределе, после которого могут наступить необратимые последствия в 2 °С¹⁶. Однако изменение климата несет угрозу устойчивому развитию угольной промышленности не только выбранным курсом на декарбонизацию экономик,

¹⁶ Метеовести. URL: <https://www.meteovesti.ru/news/63748039069-ugol-toplivo-naiboleevreden-klimata#:~:text=Активное%20использование%20угля%20негативно%20влияет,температуры%20на%206%20к%20концу%20столетия> (дата обращения: 12.01.2022).

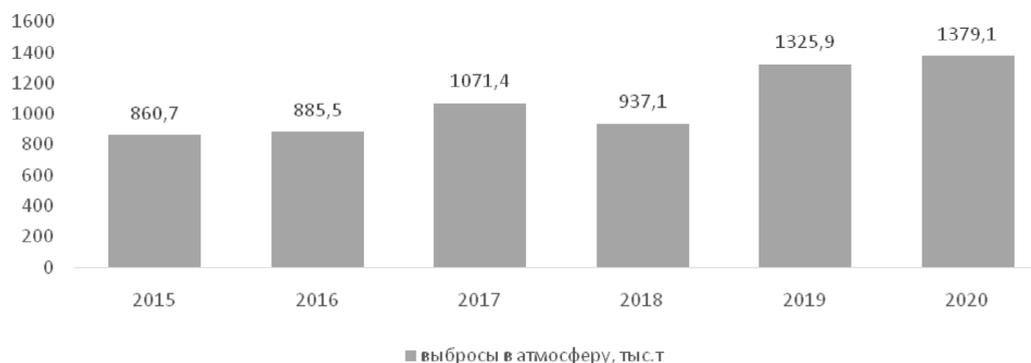


Рис. 6. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ по виду деятельности «добыча угля», тыс. т

Figure 6. Emissions of air pollutants by coal mining, thousand tons

Источник: Росстат. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13294>

но и выражается в ухудшении условий производственно-хозяйственной деятельности. Поэтому стрессовые факторы, связанные с ростом глобальных температур, должны быть учтены в стратегиях развития угледобывающей промышленности, в частности, такие как снижение производительности труда работников, деятельность которых осуществляется на открытом воздухе, риск перебоев водоснабжения, нарушений в логистике и прочие [57].

5. Обсуждение результатов исследования

Мы выделили следующие стрессовые факторы развития национальной угольной промышленности, идентифицируемые в рамках следующих групп: финансовые, технологические,

человеческие, политические и природно-экологические (табл. 2).

Основные стрессовые факторы устойчивого развития российской угольной промышленности связаны с реализацией программ декарбонизации экономики в мировой политике и неопределенностью внешней среды. Но значимы также внутрисистемные проблемы развития отрасли: снижение внутреннего потребления угля на фоне риска ухудшения конкурентных позиций российских углей на мировом рынке и роста грузовых тарифов; низкий уровень инновационного потенциала отечественного машиностроения при высокой степени импортозависимости угледобывающего производства; кадровый голод в угледобывающем производстве. Климатические изменения

Таблица 2. Стрессовые факторы, влияющие на устойчивость развития угольной промышленности России

Table 2. Stress factors affecting the sustainability of the coal industry in Russia

Группа факторов	Факторы
Финансовые	– снижение внутреннего спроса на уголь; – снижение мировых цен на уголь; – рост железнодорожных тарифов на грузоперевозки
Технологические	– низкий уровень материально-технического потенциала отрасли (высокий уровень износа оборудования); – высокий уровень импортозависимости производства; – низкий инновационный потенциал отечественного машиностроения
Человеческие	– высокий уровень текучести кадров в угольной промышленности; – уменьшение количества мест подготовки квалифицированных работников для угольной промышленности; – растущая неудовлетворенность угольных предприятий качеством подготовки выпускников
Политические	– геополитические факторы, выражающиеся в введении ограничительных мер на объемы экспорта/импорта угля, инвестиций, горно-шахтного оборудования и пр.
Природно-экологические	– рост уровня загрязнения окружающей среды угольными предприятиями; – истощение запасов природных ресурсов; – рост глобальных температур

также являются стрессовым фактором, поскольку ведут к риску введения новых экологических норм, ухудшению условий трудовой деятельности.

Очевидно, что эффективность реализации Программы-2035 развития угольной промышленности во многом определяется тем, в какой мере в ней учтены стрессовые факторы устойчивого развития.

В Программе-2035 развития угольной промышленности факторы, влияющие на устойчивость ее развития рассматриваются в основном исходя из макроэкономической ситуации и обуславливающих ее взаимосвязей и взаимоотношений. В частности, программой определено, что нестабильность конъюнктуры угольных рынков в мире, усиление конкуренции на них, а также возможное снижение потребления угля по экологическим и климатическим соображениям порождают следующие системные проблемы и соответствующие последствия в угольной промышленности:

- необходимость повышения финансовой стабильности угольных компаний;
- недостаточное использование потенциала роста производительности труда и риски техногенных аварий;
- негативное воздействие на окружающую среду и риски введения экологических ограничений¹⁷.

Ключевым фактором устойчивого развития угольной промышленности в программе рассматривается общий потенциал ее модернизационного развития, определяющий способность расширения в промышленном масштабе.

¹⁷ Программа развития угольной промышленности до 2035 г. : Распоряжение Правительства РФ от 13 июня 2020 г. №1582-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CNNAxwIYZEE6zm6I52S.pdf> (дата обращения: 12.01.2022).

Вопросы государственного управления развитием отрасли сосредоточены на отношениях между правительством и рынком по поводу уровня вмешательства в функционирование рыночного механизма.

Примечательно, что с точки зрения оценки средовых характеристик акцент делается на уровень самой отрасли, при этом не уделяется внимание тому, что источники стрессовых факторов довольно часто являются взаимосвязанными с тенденциями в развитии смежных отраслей и сфер деятельности, увеличивая силу своего негативного воздействия при совместном проявлении.

Проведенное нами исследование позволяет обратить внимание на значимые стрессовые факторы устойчивого развития отрасли. Учитывая, что данные факторы определяются сложившимися долгосрочными тенденциями в российской экономике, а также глобальными тенденциями, их учет при разработке стратегических направлений развития угольной промышленности будут способствовать повышению ее устойчивости в условиях существующих экзогенных воздействий. В частности, для повышения устойчивости развития угольной промышленности России в дополнение к имеющимся могут быть приняты следующие меры:

- развитие инновационного потенциала отечественного машиностроения для снижения уровня импортозависимости горнодобывающего производства;
- укрепление и развитие взаимодействий угледобывающих предприятий с потребителями угольного топлива на внутреннем рынке;
- повышение гибкости систем финансирования и кредитования угледобывающих предприятий для реализации проектов модернизации производства, государственное стимулирование инвестиций в инновации;

– совершенствование процессов подготовки квалифицированных кадров для угольной промышленности, в том числе на основе реализации целевой подготовки специалистов;

– стимулирование процессов внедрения ресурсосберегающих технологий добычи угля, внедрение бизнес-моделей циркулярной экономики для повышения экологичности горнодобывающего производства;

– повышение уровня координации в принятии управленческих решений между смежными отраслями и сферами деятельности на разных уровнях управления; прогнозирование и анализ возможных последствий решений, принимаемых в смежных отраслях, для угольной промышленности;

– поддержание стабильности проводимой государственной политики в отношении стимулирования процессов модернизационного развития угольной промышленности, в том числе в части регулирования тарифов естественных монополий, оказывающих непосредственное влияние на себестоимость угля.

Анализируя полученные нами результаты в сравнении с имеющейся научной литературой, следует отметить, что существует относительно мало исследований факторов устойчивого развития угольной промышленности в условиях современных экономических потрясений. Зарубежные авторы, как правило, сосредотачиваются на исследовании возможностей развития симбиотических промышленных сетей в изучении влияния экологических факторов на механизм устойчивого развития [58].

С точки зрения устойчивости к экономическим потрясениям Zhao et al. [59] пытаются понять перспективы развития угольной промышленности в контексте выделения субъективных и объективных факторов, влияющих на возможности инновационного развития

и рационального ресурсопотребления. Wang et al. [2] рассматривают факторы, влияющие на различные этапы «эволюции устойчивости». Сделанные ими выводы о том, что основным фактором устойчивого развития является возможность модернизации промышленных технологий, структурная эффективность, институционализация отношений, а возможности расширения масштабов производства, повышение сложности структуры и разнообразие ориентаций ее функций – это второстепенный ситуационный фактор, в целом согласуется с нашими выводами.

В русскоязычной литературе в исследовании перспектив развития угольной промышленности упор делается на факторы, обусловленные неопределенностью внешней среды (рисковые факторы), – колебания цен на уголь и курс валют. Относительно небольшое количество исследований отражают отдельные системные проблемы развития угольной промышленности. Например, важнейшим выводом Центра социально-экономических исследований о потенциале развития угольной промышленности является то, что он во многом определяется уровнем развития транспортной инфраструктуры и величиной тарифов на грузоперевозки¹⁸. Козловский и др. исследуют роль инвестиционных факторов в развитии объектов ТЭК [60]. Полученные в данных исследованиях результаты не противоречат сделанным нами выводам.

Вместе с тем большинство исследователей не разделяет факторы риска и стрессовые факторы, влияние которых на перспективы развития угольной промышленности имеет принципиальные отличия с точки зрения возможных долгосрочных последствий. Наше исследование, в отличие от имеющихся

¹⁸ Источник: URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/fd6/fd69a69529035a5127eb498dfcc7d565.pdf>

исследований перспектив развития российской угольной промышленности, проиллюстрировало ключевые стрессовые факторы, связанные со сложившимися объективными тенденциями в российской и мировой экономике.

6. Выводы

В структуре топливно-энергетического баланса мира уголь остается одним из ключевых источников энергии. Степень влияния стрессовых факторов на параметры устойчивого развития угольной промышленности во многом зависит от того, на какой фазе развития они находятся. Поэтому оценка стрессовых факторов, выявление их источников, анализ формирующихся тенденций очень важны для управления устойчивым развитием отрасли и выборе инструментов реагирования на провоцируемые ими риски.

Для российской угольной промышленности стратегически важным является повышение уровня конкурентоспособности отечественного угля на мировом рынке, особенно энергетического угля. Как показывают результаты проведенного анализа, решение данной задачи осложняется наличием ряда стрессовых факторов: финансовых, технологических, человеческих, политических и природно-экономических, появление которых связано не только с реализацией программ декарбонизации мировых экономик и неопределенностью внешней среды, но и с рядом внутрисистемных проблем развития отрасли. Однако Программой развития угольной промышленности России – 2035 ряд стрессовых факторов, обусловленных сложившимися тенденциями развития взаимосвязанных и смежных

отраслей и сфер деятельности, не учитывается, что усиливает риски проявления экзогенных шоков. В исследовании нами предложены меры, направленные на повышение устойчивости развития угольной промышленности, позволяющие устранить данный пробел. Тем самым мы подтвердили свою гипотезу о том, что понимание стрессовых факторов устойчивости развития угольной промышленности позволяет сформировать направления промышленной политики по предотвращению развития или минимизации последствий сложившихся негативных тенденций, ослабляющих потенциал отрасли в долгосрочной перспективе.

Практическая значимость исследования состоит в том, что результаты анализа сложившихся трендов позволяют понять, в какой мере российская угольная промышленность движется к устойчивому состоянию, позволяет оценить ее восстанавливающие силы в условиях внешних возмущений. Кроме того, понимание стрессовых факторов устойчивого развития угольной промышленности в сочетании с оценкой уязвимости отрасли позволяет создать основу для прогнозирования потрясений в целях развития адаптационных возможностей отрасли путем предотвращения или минимизации негативных воздействий.

Данное исследование вносит свой вклад в экономику угольной промышленности, расширяя знания о стрессовых факторах устойчивого развития, определяя наиболее важные направления стратегического развития отрасли с позиций предотвращения кризиса медленного выгорания.

Список использованных источников

1. Wang Y. Wang D., Shi X. Exploring the dilemma of overcapacity governance in China's coal industry: A tripartite evolutionary game model // Resources Policy. 2021. Vol. 71. P. 102000. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102000.

2. Wang D., Wang Y., Huang Z., Cui R. Understanding the resilience of coal industry ecosystem to economic shocks: Influencing factors, dynamic evolution and policy suggestions // *Resources Policy*. 2020. Vol. 67. P. 101682. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101682.
3. Susur E., Hidalgo A., Chiaroni D. The emergence of regional industrial ecosystem niches: a conceptual framework and a case study // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 208. Pp. 1642–1657. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.163.
4. Neves A., Godina R., Azevedo S. G., Matias J. A comprehensive review of industrial symbiosis // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 247. P. 119113. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119113.
5. Ibrahim M. D., Alola A. A. Integrated analysis of energy-economic development-environmental sustainability nexus: case study of MENA countries // *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 737. P. 139768. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139768.
6. Wang D., Shen Y., Zhao Yu., He W., Liu X., Qian X., Lv T. Integrated assessment and obstacle factor diagnosis of China's scientific coal production capacity based on the PSR sustainability framework // *Resources Policy*. 2020. Vol. 68. P. 101794. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101794.
7. Wang D., Wan K., Yang J. Measurement and evolution of eco-efficiency of coal industry ecosystem in China // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 209. Pp. 803–818. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.266.
8. Jonek-Kowalska I. How do turbulent sectoral conditions sector influence the value of coal mining enterprises? Perspectives from the Central-Eastern Europe coal mining industry // *Resources Policy*. 2018. Vol. 55. Pp. 103–112. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.11.003.
9. Gao Z. Sustainable development and upgrading mode of coal industry in China // *International Journal of Mining Science and Technology*. 2012. Vol. 22, Issue 3. Pp. 335–340. DOI: 10.1016/j.ijmst.2012.04.009.
10. Merli R., Preziosi M., Acampora A. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 178. Pp. 703–722. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.112.
11. Upadhyay A., Laing T., Kumar V., Dora M. Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry // *Resources Policy*. 2021. Vol. 72. P. 102037. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102037.
12. Giacometti A., Teräs J. Regional Economic and Social Resilience: An Exploratory In-Depth Study in the Nordic Countries // *Nordregio Report*. 2019. Vol. 2. DOI: 10.30689/R2019:2.1403–2503.
13. Астафьева О. Е. Формирование механизма устойчивого развития угольной промышленности // *Уголь*. 2021. № 3 (1140). С. 10–13. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-15-17.
14. Мацнева Е. А., Магарил Е. Р. Устойчивое развитие промышленного предприятия: понятие и критерии оценки // *Вестник УрФУ. Серия экономика и управление*. 2012. № 5. С. 25–33.
15. Tai X., Xiao W., Tang Yu. A quantitative assessment of vulnerability using social-economic-natural compound ecosystem framework in coal mining cities // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 258. P. 120969. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120969.
16. Честиков М. В., Алымов С. В. Факторы энергетической безопасности и устойчивого развития топливно-энергетического комплекса // *Проблемы современной экономики*. 2010. № 4. С. 292–295.
17. Spekkink W. Institutional capacity building for industrial symbiosis in the Canal Zone of Zeeland in The Netherlands: a process analysis // *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 52. Pp. 342–355. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.02.025.
18. Chai L., Huo C. Simulation and Analysis on the Structural Evolution of the Eco-Industrial System // *Journal of Tianjin University*. 2007. Vol. 40. Pp. 736–741.

19. *Geng J., Zhan L.* Research on industry ecosystem stability and interaction mechanism of influencing factors based on data mining method // *Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*. 2016. No. 1. Pp. 127–139.
20. *Каплан А. В., Баев И. А., Терешина М. А.* Концепция устойчивого социально-экономического развития горнодобывающего предприятия // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент*. 2018. Т. 12, № 3. С. 76–82.
21. *Нетужилкина Е. В.* Состояние и перспективы развития риск-менеджмента в системе управления угольно-энергетических компаний // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2012. № 12. С. 361–366.
22. *Мальшиев Ю., Ковальчук А., Рожков А.* Угольная отрасль: поиск ориентиров в эпоху перемен // *Энергетическая политика*. 2021. № 2 (156). С. 18–29. DOI: 10.46920/2409–5516_2021_2156_18.
23. *Петров И. В., Швандар К. В., Швандар Д. В., Бурова Т. Ф.* Трансформация мирового рынка угля: современные тенденции и векторы развития // *Уголь*. 2020. № 7 (1132). С. 66–70. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-66-70.
24. *Половян А. В., Шемякина Н. В., Гриневская С. Н.* Тренды угольной промышленности Донбасса // *Вестник Института экономических исследований*. 2021. № 2 (22). С. 5–20.
25. *Hake J.-F., Proskuryakova L.* New Energy Sources, Technologies, and Systems: The Priority of Social, Climate, and Environmental Issues // *Foresight and STI Governance*. 2018. Vol. 12, No. 4. Pp. 6–9. DOI: 10.17323/25002597.2018.4.6.9.
26. *Нуреев Р. М., Бусыгин Е. Г.* Глобальные институты и их влияние на капитализацию нефтяных компаний // *Journal of Institutional Studies*. 2019. Т. 11. № 2. С. 6–27. DOI: 10.17835/2076–6297.2019.11.2.006–027.
27. *Hu X., Hassink R.* Adaptation, adaptability and regional economic resilience: A conceptual framework // *Handbook on Regional Economic Resilience / Edited by G. Bristow, A. Healy. Edward Elgar, Cheltenham*, 2020. Pp. 54–68.
28. *Кусургашева Л. В., Муромцева А. К., Баканов А. А., Прокопенко Е. В.* Циклические факторы и системные ограничения развития угольной промышленности России // *Уголь*. 2020. № 10 (1135). С. 33–39. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-33-39.
29. *Рожков А. А., Соловенко И. С., Коркина Т. А., Лоцилова М. А.* Инженерно-технический состав угольной отрасли России: ретроспектива, современное состояние, прогноз // *Уголь*. 2020. № 4 (1129). С. 16–25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-16-25.
30. *Соловенко И. С., Рожков А. А., Коркина Т. А., Лойко О. Т.* Интеллектуально-инновационный потенциал горных инженеров как фактор эффективного развития угольной промышленности в период «перестройки» // *Вестник Томского государственного университета. История*. 2020. № 65. С. 51–59. DOI: 10.17223/19988613/65/7.
31. *Жабин А. Б., Поляков А. В., Аверин Е. А., Линник Ю. Н., Линник В. Ю., Чеботарев П. Н.* Общие тенденции в области устойчивого развития, корпоративной социальной ответственности и инноваций в горной отрасли России // *Уголь*. 2020. № 9. С. 24–28. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-24-28.
32. *Holm J. R., Østergaard C. R.* Regional Employment Growth, Shocks and Regional Industrial Resilience: A Quantitative Analysis of the Danish ICT Sector // *Regional Studies*. 2015. Vol. 49. Pp. 95–112. DOI: 10.1080 /00343404.2013.787159.
33. *Arens M., Åhman M., Vogl V.* Which countries are prepared to green their coal-based steel industry with electricity? Reviewing climate and energy policy as well as the implementation of renewable electricity // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 143. P. 110938. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110938.
34. *Таразанов И. Г., Губанов Д. А.* Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2020 года // *Уголь*. 2021. № 3. С. 27–43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.

35. *Fijorek K., Jurkowska A., Jonek-Kowalska I.* Financial contagion between the financial and the mining industries – Empirical evidence based on the symmetric and asymmetric CoVaR approach // *Resources Policy*. 2021. Vol. 70. P. 101965. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101965.
36. *Чернова О. А.* Относительная безубыточность как детерминанта динамического равновесия угольной промышленности России // *Journal of Applied Economic Research*. 2021. Т. 20, № 2. С. 194–216. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.009.
37. *Auger T., Trüby J., Balcombe P., Staffell I.* The future of coal investment, trade, and stranded assets // *Joule*. 2021. Vol. 5, Issue 6. Pp. 1462–1484. DOI: 10.1016/j.joule.2021.05.008.
38. *Плакиркин Ю. А., Плакиркина Л. С., Дьяченко К. И.* От цифровизации к «Индустрии-4.0» и «Обществу 5.0» – возможности адаптации угольной промышленности России, прогнозы развития отрасли до 2040 г. // *Горная промышленность*. 2018. № 5 (141). С. 56–61. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-56-61.
39. *Wang D., Li J., Wang Y., Wan K., Song X., Liu Y.* Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 149. Pp. 636–652. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.137.
40. *Рожков А. А., Сукачев А. Б., Карпенко С. М.* Импортозависимость в угольной промышленности и перспективы импортозамещения горно-шахтного оборудования // *Горная промышленность*. 2017. № 2 (132). С. 25–30.
41. *Плакиркина Л. С., Плакиркин Ю. А., Дьяченко К. И.* Оценка производственного потенциала отечественных машиностроительных предприятий для реализации программы импортозамещения в угольной отрасли // *Уголь*. 2021. № 1 (1138). С. 34–42. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-34-42.
42. *Линник Ю. Н., Линник В. Ю., Байкова О. В., Поляков А. В.* Сравнительный анализ показателей работы при эксплуатации отечественных и зарубежных проходческих комбайнов // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2019. № 11. С. 208–215. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-208-215.
43. *Patterson J., Shappell S.* Operator error and system deficiencies: analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS // *Accident; Analysis and Prevention*. 2010. Vol 42, Issue 4. Pp. 1379–1385. DOI: 10.1016/j.aap.2010.02.018.
44. *Lenné M. G., Salmon P. M., Liu C. C., Trotter M.* A systems approach to accident causation in mining: an application of the HFACS method // *Accident; Analysis and Prevention*. 2012. Vol. 48. Pp. 111–117. DOI: 10.1016/j.aap.2011.05.026.
45. *Zhang Y., Shao W., Zhang M., Li H.* Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables // *Accident; Analysis and Prevention*. 2016. Vol. 92. Pp. 189–201. DOI: 10.1016/j.aap.2016.02.021.
46. *Chen Y.* The development and validation of a human factors analysis and classification system for the construction industry // *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*. 2020. Pp. 1–15. DOI: 10.1080/10803548.2020.1787623.
47. *Fa Z., Li X., Qiu Z., Liu Q., Zhai Z.* From correlation to causality: Path analysis of accident-causing factors in coal mines from the perspective of human, machinery, environment and management // *Resources Policy*. 2021. Vol. 73. P. 102157. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102157.
48. *Лялин А. М., Зозуля А. В., Еремина Т. Н., Зозуля П. В.* Современные тенденции подготовки специалистов угольной промышленности // *Уголь*. 2020. № 9 (1134). С. 50–53. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-50-53.
49. *Tao Y., Evans S., Wen Z., Ma M.* The influence of policy on industrial symbiosis from the Firm's perspective: a framework // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 213. Pp. 1172–1187. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.176.
50. *Khan K., Su C.-W., Rehman A. U.* Do multiple bubbles exist in coal price? // *Resources Policy*. 2021. Vol. 73. P. 102232. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102232.

51. Valck J., Williams G., Kuik S. Does coal mining benefit local communities in the long run? A sustainability perspective on regional Queensland Australia // *Resources Policy*. 2021. Vol. 71. P. 102009. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102009.
52. Li J., Zhang Y., Deng Y., Xu D., Tian Y., Xie K. Water consumption and conservation assessment of the coal power industry in China, Sustainable Energy // *Technologies and Assessments*. 2021. Vol. 47. P. 101464. DOI: 10.1016/j.seta.2021.101464.
53. Matveeva L. G., Chernova O. A., Kosolapova N. A., Kosolapov A. E. Assessment of water resources use efficiency based on the Russian Federation's gross regional product water intensity indicator // *Regional Statistics*. 2018. Vol. 8, No. 2. Pp. 154–169. DOI: 10.15196/RS080201.
54. Гуляев В. Г. Актуальность и проблемы создания автоматизированных струговых комплексов для безлюдной выемки пологих тонких угольных пластов Донецкого бассейна // *Вестник Донецкого национального технического университета*. 2016. № 6 (6). С. 24–34.
55. Carmona S., Jaramillo P. Anticipating futures through enactments of expertise: A case study of an environmental controversy in a coal mining region of Colombia // *The Extractive Industries and Society*. 2020. Vol. 7, Issue 3. Pp. 1086–1095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.06.009>.
56. Oskarsson P., Bedi H. P. Extracting environmental justice: Countering technical renditions of pollution in India's coal industry // *The Extractive Industries and Society*. 2018. Vol. 5, Issue 3. Pp. 340–347. DOI: 10.1016/j.exis.2018.05.003.
57. Sun Y., Yang Y., Huang N., Zou X. The impacts of climate change risks on financial performance of mining industry: Evidence from listed companies in China // *Resources Policy*. 2020. Vol. 69. P. 101828. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101828.
58. Li X., Xiao R. Analyzing network topological characteristics of eco-industrial parks from the perspective of resilience: a case study // *Ecological Indicator*. 2017. Vol. 74. Pp. 403–413. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.11.031.
59. Zhao L.-T., Liu Zh.-T., Cheng L. How will China's coal industry develop in the future? A quantitative analysis with policy implications // *Energy*. 2021. Vol. 235. P. 121406. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121406.
60. Козловский А. В., Моисеенко Н. А., Опекунов В. А. Инвестиционная привлекательность объектов топливно-энергетического комплекса // *Уголь*. 2021. № 4. С. 25–27. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-25-27.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чернова Ольга Анатольевна

Доктор экономических наук, профессор кафедры информационной экономики экономического факультета Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Горького, 88); ORCID 0000-0001-5072-7070; e-mail: chernova.olga71@yandex.ru.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет-2030»).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Чернова О. А. Стрессовые факторы устойчивого развития угольной промышленности России // *Journal of Applied Economic Research*. 2022. Т. 21, № 1. С. 49–78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 25 декабря 2021 г.; дата поступления после рецензирования 18 января 2022 г.; дата принятия к печати 20 февраля 2022 г.

Stressful Factors of Sustainable Development of the Russian Coal Industry

O. A. Chernova  

Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russia

 chernova.olga71@yandex.ru

Abstract. Achieving sustainable development of the coal industry is of strategic importance for ensuring national security. The purpose of the article is to identify stress factors for the sustainable development of the coal industry associated with the current objective trends in the Russian and world economies. The hypothesis of the study is the assumption that understanding the stress factors for the sustainable development of the coal industry makes it possible to form industrial policy directions to prevent the development or minimize the consequences of existing negative trends that weaken the industry's potential in the long term. The novelty of the study is expressed in the approach to the analysis of sustainable development factors, since most researchers do not separate risk factors and stress factors. When describing stress factors, the following groups were identified: financial, human, technological, political, and environmental. In the study of stress factors, a context-oriented approach was used. As a result of the study, it was revealed that the main stress factors for the sustainable development of the Russian coal industry are associated not only with the implementation of decarbonization programs for world economies, but also with a number of intra-system problems in the development of the industry. Among the latter, the problems of reducing domestic consumption of coal, increasing freight rates for rail transportation, a high degree of import dependence of coal mining against the background of a low level of innovative potential of domestic engineering, the presence of personnel problems in coal mining, etc. The Russian government's Program 2035 does not take into account a number of stress factors caused by the current trends in the development of interconnected and related industries and areas of activity. Proceeding from this, measures aimed at increasing the sustainability of the development of the coal industry are proposed. The conclusion is made about the need to identify and assess stress factors in the formation of industrial policy directions. The practical results of the study can be used to develop measures to strengthen the long-term sustainability of the coal industry and the choice of tools to respond to risks provoked by stress factors.

Key words: coal industry; sustainable development; stress factors risks; strategic development.

JEL O25, Q56

References

1. Wang, Y. Wang, D., Shi, X. (2021). Exploring the dilemma of overcapacity governance in China's coal industry: A tripartite evolutionary game model. *Resources Policy*, Vol. 71, 102000. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102000.
2. Wang, D., Wang, Y., Huang, Z., Cui, R. (2020). Understanding the resilience of coal industry ecosystem to economic shocks: Influencing factors, dynamic evolution and policy suggestions. *Resources Policy*, Vol. 67, 101682. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101682.
3. Susur, E., Hidalgo, A., Chiaroni, D. (2019). The emergence of regional industrial ecosystem niches: a conceptual framework and a case study. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 208, 1642–1657. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.163.

4. Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., Matias, J. (2019). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 247, 119113. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119113.
5. Ibrahim, M. D., Alola, A. A. (2020). Integrated analysis of energy-economic development-environmental sustainability nexus: case study of MENA countries. *Science of The Total Environment*, Vol. 737, 139768. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139768.
6. Wang, D., Shen, Y., Zhao, Yu., He, W., Liu, X., Qian, X., Lv, T. (2020). Integrated assessment and obstacle factor diagnosis of China's scientific coal production capacity based on the PSR sustainability framework. *Resources Policy*, Vol. 68, 101794. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101794.
7. Wang, D., Wan, K., Yang, J. (2019). Measurement and evolution of eco-efficiency of coal industry ecosystem in China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 209, 803–818. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.266.
8. Jonek-Kowalska, I. (2018). How do turbulent sectoral conditions sector influence the value of coal mining enterprises? Perspectives from the Central-Eastern Europe coal mining industry. *Resources Policy*, Vol. 55, 103–112. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.11.003.
9. Gao, Z. (2012). Sustainable development and upgrading mode of coal industry in China. *International Journal of Mining Science and Technology*, Vol. 22, Issue 3, 335–340. DOI: 10.1016/j.ijmst.2012.04.009.
10. Merli, R., Preziosi, M., Acampora, A. (2017). How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 178, 703–722. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.112.
11. Upadhyay, A., Laing, T., Kumar, V., Dora, M. (2021). Exploring barriers and drivers to the implementation of circular economy practices in the mining industry. *Resources Policy*, Vol. 72, 102037. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102037.
12. Giacometti, A., Teräs, J. (2019). Regional Economic and Social Resilience: An Exploratory In-Depth Study in the Nordic Countries. *Nordregio Report*, Vol. 2. DOI: 10.30689/R2019:2.1403–2503.
13. Astafyeva, O. E. (2021). Formirovanie mekhanizma ustoichivogo razvitiia ugol'noi promyshlennosti (Formation of the mechanism of sustainable development of the coal industry). *Ugol (Coal)*, No. 3 (1140), 10–13. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-6-15-17. (In Russ.).
14. Matsneva, E. A., Magaril, E. R. (2012). Ustoichivoe razvitie promyshlennogo predpriatiia: poniatie i kriterii otsenki (Sustainable development of an industrial enterprise: notion and assessment criteria). *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie (Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management)*, No. 5, 25–33. (In Russ.).
15. Tai, X., Xiao, W., Tang, Yu. (2020). A quantitative assessment of vulnerability using social-economic-natural compound ecosystem framework in coal mining cities. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 258, 120969. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120969
16. Chestikov, M. V., Alymov, S. V. (2010). Faktory energeticheskoi bezopasnosti i ustoichivogo razvitiia toplivno-energeticheskogo kompleksa [Factors of energy security and sustainable development of the fuel and energy system]. *Problemy sovremennoi ekonomiki (Problems of modern economics)*, No. 4, 292–295. (In Russ.).
17. Spekkink, W. (2013). Institutional capacity building for industrial symbiosis in the Canal Zone of Zeeland in The Netherlands: a process analysis. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 52, 342–355. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.02.025.
18. Chai, L., Huo, C. (2007). Simulation and Analysis on the Structural Evolution of the Eco-Industrial System. *Journal of Tianjin University*, Vol. 40, 736–741.
19. Geng, J., Zhan, L. (2016). Research on industry ecosystem stability and interaction mechanism of influencing factors based on data mining method. *Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, No. 1, 127–139.
20. Kaplan, A.V., Baev, I.A., Tereshina, M.A. (2018). Kontseptsiiia ustoichivogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia gornodobyvaiushchego predpriatiia (The concept of sustainable so-

cio-economic development of the mining enterprise). *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment (Bulletin of South Ural State University, Series Economics and Management)*, Vol. 12, No. 3, 76–82. (In Russ.).

21. Netuzhilkina, E. V. (2012). Sostoianie i perspektivy razvitiia risk-menedzhmenta v sisteme upravleniia ugolno-energeticheskikh kompanii [The current state and prospects of development of risk management in mining companies]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) (Mining informational and analytical bulletin)*, No. 12, 361–366. (In Russ.).

22. Malyshev, Iu., Kovalchuk, A., Rozhkov, A. (2021). Ugolnaia otrasl: poisk orientirov v epokhu peremen (The coal industry: finding landmarks in an era of change). *Energeticheskaiia politika (Energy Policy)*, No. 2 (156), 18–29. DOI: 10.46920/2409–5516_2021_2156_18. (In Russ.).

23. Petrov, I. V., Shvandar, K. V., Shvandar, D. V., Burova, T. F. (2020). Transformatsiia mirovogo rynka uglia: sovremennye tendentsii i vektory razvitiia (Transformation of the world coal market: current trends and development vectors). *Ugol (Coal)*, No. 7 (1132), 66–70. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-66-70. (In Russ.).

24. Polovyan, A. V., Shemyakina, N. V., Grinevskaya, S. N. (2021). Trendy ugolnoi promyshlennosti Donbassa (Donbass coal industry development trends). *Vestnik Instituta ekonomicheskikh issledovani (Vestnik of Institute of Economic Research)*, No. 2 (22), 5–20. (In Russ.).

25. Hake, J.-F., Proskuryakova, L. (2018). New Energy Sources, Technologies, and Systems: The Priority of Social, Climate, and Environmental Issues. *Foresight and STI Governance*, Vol. 12, No. 4, 6–9. DOI: 10.17323/25002597.2018.4.6.9.

26. Nureev, R. M., Busygin, E. G. (2019). Globalnye instituty i ikh vliianie na kapitalizatsiiu neftianykh kompanii (Global institutions and their impact on the capitalization of oil companies). *Journal of Institutional Studies*, Vol. 11, No. 2, 6–27. DOI: 10.17835/2076–6297.2019.11.2.006–027. (In Russ.).

27. Hu, X., Hassink, R. (2020). Adaptation, adaptability and regional economic resilience: A conceptual framework. In: *Handbook on Regional Economic Resilience*. Edited by G. Bristow, A. Healy. Edward Elgar, Cheltenham, 54–68.

28. Kusurgasheva, L. V., Muromtseva, A. K., Bakanov, A. A., Prokopenko, E. V. (2020). Tsiklicheskie faktory i sistemnye ogranicheniia razvitiia ugolnoi promyshlennosti Rossii (Cyclic factors and system restrictions for coal industry development in Russia). *Ugol (Coal)*, No. 10 (1135), 33–39. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-33-39. (In Russ.).

29. Rozhkov, A. A., Solovenko, I. S., Korkina, T. A., Loshchilova, M. A. (2020). Inzhenerno-tekhnicheskii sostav ugol'noi otrasli Rossii: retrospektiva, sovremennoe sostoianie, prognoz (Engineers and technicians in Russian mining: retrospective view, present day state, forecast). *Ugol (Coal)*, No. 4 (1129), 16–25. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-4-16-25. (In Russ.).

30. Solovenko, I. S., Rozhkov, A. A., Korkina, T. A., Loiko, O. T. (2020). Intellekturno-innovatsionnyi potentsial gornykh inzhenerov kak faktor effektivnogo razvitiia ugolnoi promyshlennosti v period «perestroiki» (Smart and innovative potential of mining engineers as a factor of effective development of the coal industry in the period of «perestroika»). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriiia [Tomsk State University Journal. History]*, No. 65, 51–59. DOI: 10.17223/19988613/65/7. (In Russ.).

31. Zhabin, A. B., Polyakov, A. V., Averin, E. A., Linnik, Iu. N., Linnik, V. Iu., Chebotarev, P. N. (2020). Obshchie tendentsii v oblasti ustoichivogo razvitiia, korporativnoi sotsial'noi otvetstvennosti i innovatsii v gornoi otrasli Rossii (Trends in sustainable development, corporate social responsibility and innovations in the Russian mining industry). *Ugol (Coal)*, No. 9, 24–28. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-24-28. (In Russ.).

32. Holm, J. R., Østergaard, C. R. (2015). Regional Employment Growth, Shocks and Regional Industrial Resilience: A Quantitative Analysis of the Danish ICT Sector. *Regional Studies*, Vol. 49, 95–112. DOI: 10.1080 /00343404.2013.787159.

33. Arens, M., Ahman, M., Vogl, V. (2021). Which countries are prepared to green their coal-based steel industry with electricity? Reviewing climate and energy policy as well as the implementation of renewable electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 143, 110938. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110938.
34. Tarazanov, I. G., Gubanov, D. A. (2021). Itogi raboty ugolnoi promyshlennosti Rossii za yanvar-dekabr 2020 goda (Russia's coal industry performance for January – December, 2020). *Ugol (Coal)*, No. 3, 27–43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43. (In Russ.).
35. Fijorek, K., Jurkowska, A., Jonek-Kowalska, I. (2021). Financial contagion between the financial and the mining industries – Empirical evidence based on the symmetric and asymmetric CoVaR approach. *Resources Policy*, Vol. 70, 101965. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101965.
36. Chernova, O. A. (2021). Otnositelnaia bezubytochnost kak determinanta dinamicheskogo ravnovesiia ugolnoi promyshlennosti Rossii (Relative Break-Even as a Determinant of the Dynamic Balance of the Russian Coal Industry). *Journal of Applied Economic Research*, Vol. 20, No. 2, 194–216. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.009. (In Russ.).
37. Auger, T., Trüby, J., Balcombe, P., Staffell, I. (2021). The future of coal investment, trade, and stranded assets. *Joule*, Vol. 5, Issue 6, 1462–1484. DOI: 10.1016/j.joule.2021.05.008.
38. Plakitkin, Iu. A., Plakitkina, L. S., Dyachenko, K. I. (2018). Ot tsifrovizatsii k «Industrii-4.0» i «Obshchestvu 5.0» – vozmozhnosti adaptatsii ugolnoi promyshlennosti Rossii, prognozy razvitiia otrasli do 2040 g. (From digitalization to Industry-4.0 and Society 5.0: opportunities of the Russian coal sector adaptation; forecast of the sector development for the period up to 2040). *Gornaya promyshlennost (Russian Mining Industry)*, No. 5 (141), 56–61. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-5-141-56-61. (In Russ.).
39. Wang, D., Li, J., Wang, Y., Wan, K., Song, X., Liu, Y. (2017). Comparing the vulnerability of different coal industrial symbiosis networks under economic fluctuations. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 149, 636–652. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.02.137.
40. Rozhkov, A. A., Sukachev, A. B., Karpenko, S. M. (2017). Importozavisimost v ugolnoi promyshlennosti i perspektivy importozameshcheniia gorno-shakhtnogo oborudovaniia (Dependence of the coal industry on imports and prospects of mining equipment import substitution). *Gornaya promyshlennost (Russian Mining Industry)*, No. 2 (132), 25–30. (In Russ.).
41. Plakitkina, L. S., Plakitkin, Iu. A., Dyachenko, K. I. (2021). Otsenka proizvodstvennogo potentsiala otechestvennykh mashinostroitel'nykh predpriatii dlia realizatsii programmy importozameshcheniia v ugolnoi otrasli (Assessment of the production potential of domestic machine-building companies for implementation of the import substitution program in the coal industry). *Ugol (Coal)*, No. 1 (1138), 34–42. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-34-42. (In Russ.).
42. Linnik, Iu. N., Linnik, V. Iu., Baikova, O. V., Polyakov, A. V. (2019). Sravnitelnyi analiz pokazatelei raboty pri ekspluatatsii otechestvennykh i zarubezhnykh prokhodcheskikh kombainov (Comparative analysis of performance efficiency of domestic and foreign heading machines). *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten (Mining informational and analytical bulletin)*, No. 11, 208–215. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-208-215. (In Russ.).
43. Patterson, J., Shappell, S. (2010). Operator error and system deficiencies: analysis of 508 mining incidents and accidents from Queensland, Australia using HFACS. *Accident; Analysis and Prevention*, Vol 42, Issue 4, 1379–1385. DOI: 10.1016/j.aap.2010.02.018.
44. Lenné, M. G., Salmon, P. M., Liu, C. C., Trotter, M. (2012). A systems approach to accident causation in mining: an application of the HFACS method. *Accident; Analysis and Prevention*, Vol. 48, 111–117. DOI: 10.1016/j.aap.2011.05.026.
45. Zhang, Y., Shao, W., Zhang, M., Li, H. (2016). Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables. *Accident; Analysis and Prevention*, Vol. 92, 189–201. DOI: 10.1016/j.aap.2016.02.021.
46. Chen, Y. (2020). The development and validation of a human factors analysis and classification system for the construction industry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 1–15. DOI: 10.1080/10803548.2020.1787623.

47. Fa, Z., Li, X., Qiu, Z., Liu, Q., Zhai, Z. (2021). From correlation to causality: Path analysis of accident-causing factors in coal mines from the perspective of human, machinery, environment and management. *Resources Policy*, Vol. 73, 102157. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102157.
48. Lyalin, A. M., Zozulia, A. V., Eremina, T. N., Zozulia, P. V. (2020). Sovremennyye tendentsii podgotovki spetsialistov ugolnoi promyshlennosti (Current trends in the development of the coal industry, taking into account the impact of the pandemic). *Ugol (Coal)*, No. 9 (1134), 50–53. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-9-50-53. (In Russ.).
49. Tao, Y., Evans, S., Wen, Z., Ma, M. (2019). The influence of policy on industrial symbiosis from the Firm's perspective: a framework. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 213, 1172–1187. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.176.
50. Khan, K., Su, C.-W., Rehman, A. U. (2021). Do multiple bubbles exist in coal price? *Resources Policy*, Vol. 73, 102232. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102232.
51. Valck, J., Williams, G., Kuik, S. (2021). Does coal mining benefit local communities in the long run? A sustainability perspective on regional Queensland Australia. *Resources Policy*, Vol. 71, 102009. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102009.
52. Li, J., Zhang, Y., Deng, Y., Xu, D., Tian, Y., Xie, K. (2021). Water consumption and conservation assessment of the coal power industry in China, Sustainable Energy. *Technologies and Assessments*, Vol. 47, 101464. DOI: 10.1016/j.seta.2021.101464.
53. Matveeva, L. G., Chernova, O. A., Kosolapova, N. A., Kosolapov, A. E. (2018). Assessment of water resources use efficiency based on the Russian Federation's gross regional product water intensity indicator. *Regional Statistics*, Vol. 8, No. 2, 154–169. DOI: 10.15196/RS080201.
54. Gulyaev, V. G. (2016). Aktualnost i problemy sozdaniia avtomatizirovannykh strugovykh kompleksov dlia bezliudnoi vyemki pologikh tonkikh ugol'nykh plastov Donetskogo basseina (The relevance and challenges of creating automated plow systems for manless mining of flat thin coal seams of the Donetsk Basin). *Vestnik Donetskogo natsionalnogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Donetsk National Technical University]*, No. 6 (6), 24–34. (In Russ.).
55. Carmona, S., Jaramillo, P. (2020). Anticipating futures through enactments of expertise: A case study of an environmental controversy in a coal mining region of Colombia. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 7, Issue 3, 1086–1095. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.06.009>.
56. Oskarsson, P., Bedi, H. P. (2018). Extracting environmental justice: Countering technical renditions of pollution in India's coal industry. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 5, Issue 3, 340–347. DOI: 10.1016/j.exis.2018.05.003.
57. Sun, Y., Yang, Y., Huang, N., Zou, X. (2020). The impacts of climate change risks on financial performance of mining industry: Evidence from listed companies in China. *Resources Policy*, Vol. 69, 101828. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101828.
58. Li, X., Xiao, R. (2017). Analyzing network topological characteristics of eco-industrial parks from the perspective of resilience: a case study. *Ecological Indicator*, Vol. 74, 403–413. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.11.031.
59. Zhao, L.-T., Liu, Zh.-T., Cheng, L. (2021). How will China's coal industry develop in the future? A quantitative analysis with policy implications. *Energy*, Vol. 235, 121406. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121406.
60. Kozlovsky, A. V., Moiseenko, N. A., Opekunov, V. A. (2021). Investitsionnaia privlekatel'nost' obyektov toplivno-energeticheskogo kompleksa (Investment attractiveness of objects of the fuel and energy complex). *Ugol (Coal)*, No. 4, 25–27. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-25-27. (In Russ.).

INFORMATION ABOUT AUTHOR

Chernova Olga Anatolievna

Doctor of Economics, Professor, Department of Information Economics, Faculty of Economics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344006, Rostov-on-Don, Gorkogo street, 88); ORCID 0000-0001-5072-7070; e-mail: chernova.olga71@yandex.ru.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was supported by the Strategic Academic Leadership Program of the Southern Federal University («Priority 2030»).

FOR CITATION

Chernova O. A. Stressful Factors of Sustainable Development of the Russian Coal Industry. *Journal of Applied Economic Research*, 2022, Vol. 21, No. 1, 49–78. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.1.003.

ARTICLE INFO

Received December 25, 2021; Revised January 18, 2022; Accepted February 20, 2022.

