

Научная статья
УДК 338.24
doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.002

ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СЕВЕРОАРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ)

Владимир Сергеевич Жаров

Институт экономических проблем имени Г. П. Лузина Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия, zharov_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

Аннотация. Устойчивое развитие является основной парадигмой эволюции мировой экономики в XXI в., однако измерение уровня устойчивости экономических систем различного вида и уровня до сих пор является нерешенной проблемой. Научная новизна исследования заключается в разработке нового в мировой науке методологического подхода к оценке уровней устойчивости производственных систем. Целью работы является обоснование нового метода количественной оценки уровня устойчивости производственных систем. На основе созданной ранее графической модели жизненного цикла технологического развития производства предложен метод балльной оценки устойчивости производственных систем различного вида и уровня иерархии (предприятий, отраслей, видов производственной деятельности) и расчет индекса устойчивости, который позволяет сравнивать уровни их устойчивости в различные периоды времени и между собой. Практическая реализация метода рассмотрена на примере деятельности трех крупных промышленных предприятий Севера и Арктики (ПАО «АЛРОСА», ПАО «НОВОТЭК», ПАО «Норильский никель») и АО «Кольская горно-металлургическая компания» как дочернего предприятия ПАО «Норильский никель» за двенадцатилетний период времени, а также промышленного производства (по видам промышленной деятельности) четырех регионов РФ — субъектов Федерации, территориально полностью входящих в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), за пятнадцатилетний период. Выполненные расчеты показали низкий уровень устойчивости практически всех анализируемых объектов. Определено, что технологическое развитие производственных предприятий, оказывающее основное влияние на уровень устойчивости, имеет циклический характер. Учет этого фактора и выполненная оценка устойчивости позволят органам власти и руководителям предприятий в североарктических регионах принимать более обоснованные управленческие решения стратегического характера.

Ключевые слова: измерение устойчивости, количественная оценка, производственные системы, метод, индекс устойчивости, технологическое развитие, жизненный цикл

Для цитирования: Жаров В. С. Измерение уровня устойчивости технологического развития производственных систем (на примере промышленности североарктических регионов) // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. № 4. С. 19–33. doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.002.

Original article

MEASURING THE SUSTAINABILITY OF TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN PRODUCTION SYSTEMS: A CASE STUDY OF NORTHERN INDUSTRIES

Vladimir S. Zharov

Luzin Institute for Economic Studies of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia, zharov_vs@mail.ru, ORCID 0000-0002-1877-9214

Abstract. Sustainable development stands as the principal paradigm for global economic progress in the 21st century. However, the challenge of measuring the sustainability of economic systems across various types and levels persists. This study introduces a novel methodological approach to assessing the sustainability levels of production systems. The objective is to substantiate a method for quantifying the sustainability of production systems. Building upon a previously devised graphical model depicting the life cycle of technological development in production, the proposed method involves scoring the sustainability of production systems at different hierarchy levels (manufacturers, industries, production types). The resulting sustainability index enables making comparisons across different periods and entities. Practical implementation of the proposed method is demonstrated through a twelve-year analysis of three major companies operating in the North and the Arctic (Alrosa, Novatek, and Norilsk Nickel) and the Kola Mining and Metallurgical Company, a subsidiary of Norilsk Nickel. Additionally, a fifteen-year analysis of industrial production by type in four Russian Arctic regions is presented. Calculations reveal a generally low level of sustainability across all analyzed entities. The study identifies the cyclical nature of technological development in manufacturing enterprises as a significant influence on sustainability levels. Accounting for this factor in sustainability assessments will equip authorities and corporate managers in the Arctic regions to make more informed strategic decisions.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Keywords: sustainability measurement, quantitative assessment, production systems, method, sustainability index, technological development, life cycle

For citation: Zharov V. S. Measuring the sustainability of technological development in production systems: A case study of Northern industries. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo poryadka* [The North and the Market: Forming the Economic Order], 2023, no. 4, pp. 19–33. doi:10.37614/2220-802X.4.2023.82.002.

Введение

Общепризнано, что устойчивое развитие является основной парадигмой эволюции мировой экономики в XXI в. Соответственно, в настоящее время управление устойчивым развитием промышленного производства на основе принципов ESG [1–4] является в мировой практике важнейшим направлением в деятельности производственных систем. Однако для эффективного управления, прежде всего стратегического [5], необходимо целеуказание, то есть определение целей в виде каких-либо показателей, достижение которых желательно в определенный период времени. При этом тактические цели должны быть взаимосвязаны со стратегическими [6], и они должны иметь количественное измерение.

К сожалению, в мировой науке и практике эта проблема до сих пор не решена [7]. Так, для определения корпоративной устойчивости, обеспечивающей реализацию устойчивого развития фирм, множеством специалистов предлагаются различные наборы показателей, отражающих с разных сторон экономические, экологические и социальные аспекты устойчивого развития [8–11] и, соответственно, формирующих так называемый тройной результат корпоративной устойчивости, впервые сформулированный еще в 1990-е гг. Дж. Элингтоном [12]. В результате их свертки формируются одиночные либо интегральные индексы и комплексные показатели [13–18], однако во всех таких случаях для соизмерения важности отдельных показателей приходится использовать процедуру экспертного оценивания их весов [19; 20]. Это, с одной стороны, существенно повышает субъективизм предлагаемых подходов к оценке устойчивости, а с другой — не позволяет использовать разработанный индекс или показатель для сравнения различных предприятий, отраслей и секторов производства.

В работе [7] рассматривается тридцать различных методологических подходов и методик разработки показателей оценки корпоративной устойчивости, из которых, на наш взгляд, наибольшее развитие получили два направления. Первое направление связано с усовершенствованием для оценки устойчивости Сбалансированной системы показателей (ССП) Нортон и Каплана [21; 22]. При этом совместно используются количественные финансовые и качественные нефинансовые показатели, но возникает проблема оценки важности отдельных показателей [23]. Кроме того, разработка

стратегических карт на основе ССП сложна сама по себе и обычно используется только на крупных предприятиях [24]. Основой второго направления является использование экономико-математических методов в виде многокритериального анализа [25]. К сожалению, здесь также приходится использовать субъективное весовое оценивание, но при этом сам методологический подход позволяет лишь сравнивать различные альтернативы оценки и выбирать среди них лучшее решение. Однако невозможно утверждать, что это решение позволит достигнуть максимально возможного уровня устойчивости [26]. Соответственно, данный подход нельзя использовать для сравнения устойчивости различных предприятий и отраслей производства. В последнее десятилетие также активно развиваются исследования, связанные с поиском взаимосвязи между управленческим учетом и оценкой корпоративной устойчивости, но значимых результатов в этой области пока еще не получено [27; 28].

Авторы исследования [7] в итоге показывают, что в настоящее время еще нет единой концепции, которая позволяла бы разработать единый стандартизированный и простой показатель оценки и, самое главное, на наш взгляд, измерения устойчивости, который можно было бы использовать для сравнения уровня устойчивости различных производственных систем. Основная причина такого положения, по нашему мнению, заключается в том, что для определения количественной эффективности корпоративной устойчивости приходится использовать нефинансовые качественные показатели и положения, отражаемые экологическим менеджментом (экологический аспект устойчивости) и концепцией корпоративной социальной ответственности (социальный аспект устойчивости). При этом исчезает из внимания технологический аспект устойчивого промышленного развития (зеленые технологии, позволяющие обеспечивать достижение промышленной устойчивости [29; 30]) и рациональное природопользование, позволяющее снижать все увеличивающееся потребление природных ресурсов, в том числе энергетических [31; 32]. Однако следует отметить, что в последние годы в мировой экономике увеличивается внимание ученых и специалистов к использованию концепции круговой экономики (экономике замкнутого цикла) и ее взаимосвязи с концепцией устойчивого развития [33–36], хотя конкретных результатов по оценке влияния использования отходов производства на повышение

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

уровня устойчивости промышленных предприятий пока еще не получено.

С точки зрения экономического аспекта деятельности предприятий устойчивость более детально раскрывается с финансовой стороны, то есть уже давно существуют различные методики определения финансовой устойчивости и ее возможных уровней [37–39], причем в литературе отмечается корреляционная взаимосвязь между корпоративной устойчивостью и финансовыми результатами [40]. Однако, по нашему мнению, финансовая неустойчивость является лишь следствием общей неустойчивости предприятий, так как возникает в основном из-за неэффективной управленческой деятельности, то есть по субъективной причине. При этом, на наш взгляд, объективной первопричиной этого является неэффективное технологическое развитие, которое в конечном счете приводит к снижению чистой прибыли предприятий и, соответственно, к уменьшению объема нераспределенной прибыли, направляемой на дальнейшее развитие, в том числе и технологическое. В результате растет значение финансового рычага как отношение объема заемного капитала к объему собственного капитала, включающего в основном нераспределенную прибыль, и предприятие становится финансово неустойчивым, что в дальнейшем может привести к его банкротству. Таким образом, для поддержания своей финансовой устойчивости, а значит, и общей (корпоративной, промышленной, производственной) устойчивости, предприятия должны прежде всего обеспечивать эффективное технологическое развитие.

Научная новизна исследования заключается в разработке нового в мировой науке методологического подхода к оценке уровней устойчивости производственных систем. Ранее автором была предложена методология анализа технологического обновления производств и на ее основе сформулированы индикаторы определения уровней устойчивости промышленных производств. В рассматриваемой статье впервые обосновывается метод количественного измерения уровня устойчивости производственных систем, что и является целью работы. Для ее достижения решаются следующие задачи: анализ публикаций по оценке и измерению корпоративной устойчивости; теоретическое обоснование уровней технологической устойчивости; изложение метода балльной оценки уровней устойчивости и неустойчивости производственных систем и расчета индекса устойчивости; апробация предложенного метода для расчета индекса устойчивости развития ведущих промышленных предприятий Севера и Арктики, а также видов промышленной

деятельности в регионах — субъектах Российской Федерации, полностью входящих в состав АЗРФ.

Теоретические основы

По нашему мнению, устойчивость развития промышленности напрямую связана с ее технологическим развитием за счет внедрения в производство технологических инноваций, поэтому нами обосновано понятие технологической устойчивости, включающей одновременное обеспечение трех аспектов устойчивости — экономического, экологического и социального [41; 42]. Достижение ее максимального уровня предполагает максимизацию эффективности использования основных производственных ресурсов (материальных, трудовых и физического капитала в виде основных фондов), то есть максимизацию значений материалоотдачи, фондоотдачи и производительности труда (экономический аспект устойчивости). Однако повышение материалоотдачи, то есть снижение материалоемкости производства, в том числе его энергоемкости, обеспечивается за счет снижения объемов отходов производства и энергопотребления вследствие снижения удельного расхода сырья, материалов, топлива и энергии, что приводит к минимизации ущерба окружающей среде и, соответственно, отражает экологический аспект устойчивости. При этом ее социальный аспект проявляется в возможности более существенного повышения на предприятиях (по сравнению с темпами роста производительности труда) средней заработной платы за счет снижения материалоемкости производства, а также в создании более благоприятных условий труда вследствие активной механизации и автоматизации технологических процессов. Возможность повышения темпов роста средней зарплаты сверх темпов роста производительности труда, рассчитываемой как отношение выручки от продаж к среднесписочной численности работников предприятий, состоит в том, что образуемый за счет снижения материалоемкости продукции и, соответственно, ее себестоимости прирост дохода руководство предприятий может полностью или частично направить на дополнительное повышение фонда зарплаты с целью стимулирования, например, работников, трудовая деятельность которых напрямую связана со снижением материалоемкости. Таким образом, в структуре стоимости продукции доля зарплаты будет повышена.

Таким образом, по сути дела, технологическая устойчивость обеспечивает достижение предприятиями корпоративной устойчивости. На основе разработанных нами ранее матрицы возможных направлений развития производственных систем и графической

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

теоретической модели жизненного цикла технологического развития производства (ЖЦТРП) [43] было показано, что технологическая устойчивость обеспечивается на трех стадиях из шести возможных, но уровень устойчивости на каждой стадии разный. Соответственно, для каждой стадии были разработаны индикаторы определения уровня устойчивости [44]. При этом максимальный уровень устойчивости достигается на одной стадии технологического развития, когда обеспечивается одновременное увеличение значений материало- и фондоотдачи и рост значения коэффициента уровня технологичности производства (Кутп) как отношения материалоотдачи (МО) к фондоотдаче (ФО).

Практическое использование вышеуказанной методологии для оценки уровня устойчивости технологического развития и, соответственно, общей устойчивости различных промышленных предприятий, отраслей производства и промышленности в целом на уровне регионов — субъектов Федерации показало, что, действительно, технологическое инновационное развитие, уровень и тенденции которого показывают значения Кутп, оказывает определяющее влияние на уровень технологической устойчивости производственных систем, однако смена стадий технологического развития, определяемых по данным финансовой отчетности предприятий

и статистическим данным по развитию регионов — субъектов Федерации, не всегда происходит последовательно в соответствии с графиком ЖЦТРП. Это объясняется, с одной стороны, воздействием на деятельность производственных систем множества различных объективных факторов, в том числе форс-мажорных, например, аварийных ситуаций. С другой стороны, присутствуют и субъективные факторы, в том числе недостаточно эффективная управленческая деятельность и несовершенный управленческий и статистический учет производственной деятельности.

Результаты и обсуждение

Таким образом, становится сложным определение тенденций изменения уровня технологической устойчивости на длительном промежутке деятельности производственных систем (десять и более лет), а без этого невозможно оценить и перспективы устойчивого технологического развития, так как любая технико-экономическая система развивается инерционно. Выход из этой ситуации был найден в определении сравнительной балльной оценки уровня устойчивости и неустойчивости каждой стадии технологического развития на основе разработанных нами ранее индикаторов [44]. В результате каждой из шести стадий присвоен балл от единицы до шести (табл. 1).

Таблица 1

Критерии оценки уровня устойчивости промышленных систем

Номер стадии технологического развития	Индикаторы уровня устойчивости	Уровень устойчивости	Балльная оценка уровня устойчивости
2	МО увеличивается ФО снижается Кутп увеличивается	Низкий уровень устойчивости	4
1-1	МО увеличивается ФО увеличивается Кутп увеличивается	Высокий уровень устойчивости	6
1-2	МО увеличивается ФО увеличивается Кутп снижается	Средний уровень устойчивости	5
3	МО снижается ФО увеличивается Кутп снижается	Низкий уровень неустойчивости	3
4-1	МО снижается ФО снижается Кутп снижается	Высокий уровень неустойчивости	1
4-2	МО снижается ФО снижается Кутп увеличивается	Средний уровень неустойчивости	2

Примечание. МО — материалоемкость продукции; ФО — фондоотдача производства; Кутп — коэффициент уровня технологичности производства. Жирным шрифтом выделены изменения значений одного из трех индикаторов для каждой стадии, свидетельствующие о переходе на соответствующий уровень устойчивости или неустойчивости.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

При этом три стадии с баллами 4, 5 и 6 характеризуют нарастающий уровень устойчивости, а стадии с баллами 3, 2 и 1 показывают уровни увеличивающейся неустойчивости. Необходимо отметить, что градация баллов может быть различной, например, от -3 до +3. Тогда баллы от единицы до трех будут показывать увеличивающийся уровень устойчивости, а баллы от минус одного до минус трех — повышающийся уровень неустойчивости. Соответственно, нулевая оценка будет определять границу устойчивости и неустойчивости.

Предлагаемый подход к количественному измерению уровня устойчивости технологического развития может быть использован для производственных систем различного уровня иерархии (предприятий, отраслей производства, видов производственной деятельности). Поэтому его можно использовать для сравнения уровня устойчивости каждой из этих систем в различные периоды времени и выполнять соответствующий ретроспективный анализ технологического обновления производства, а также для сравнения уровня устойчивости производственных систем различного вида в определенный период времени. Для этого рассчитывается средний балл устойчивости за любой анализируемый период времени с помощью простого среднеарифметического значения. Например, можно рассчитывать его за последние пять лет, десять лет, пятнадцать лет, что позволяет учитывать динамику изменения уровня устойчивости и формировать на этой основе перспективы будущего технологического развития

производственных систем. В таком случае получаемое среднеарифметическое значение можно назвать индексом устойчивости производственных систем различного вида. В отличие от всех рассмотренных в работе [7] методов оценки и измерения устойчивости, такой простой показатель-индекс рассчитывается на единой методологической базе для производственных систем любого вида и уровня, то есть он может быть стандартизирован, и имеет верхнюю количественную границу, характеризующую максимально возможный уровень устойчивости.

Предложенный метод количественного измерения уровня устойчивости производственных систем был апробирован нами на примере деятельности за более чем десятилетний период трех крупных промышленных предприятий Севера и Арктики (ПАО «АЛРОСА», ПАО «НОВАТЭК» и ПАО «Норильский никель»), а также АО «Кольская горно-металлургическая компания», являющегося дочерним предприятием ПАО «Норильский никель». Соответствующие расчеты выполнены на основе открытых данных годовой финансовой отчетности этих предприятий, отраженных на их сайтах, и приведены в табл. 2–5, в которых МО и ФО показывают соответственно расчетные значения материало- и фондоотдачи (по первоначальной стоимости), Кутп — значения коэффициента уровня технологичности производства, а № — это номер стадии технологического развития в соответствии с индикаторами, представленными в табл. 1.

Таблица 2

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «АЛРОСА»

Наим.	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Сред.
МО	3,03	3,77	4,00	3,67	3,59	4,10	5,41	7,00	5,88	6,26	3,58	2,75	21,29	
ФО	0,36	0,51	0,61	0,63	0,63	0,68	0,62	0,70	0,54	0,50	0,42	0,36	0,69	
Кутп	8,37	7,37	6,57	5,83	5,73	6,00	8,69	10,05	10,83	10,66	8,47	7,68	30,77	
№		1-2	1-2	3	3	1-1	2	1-1	4-2	1-2	4-1	4-1	1-1	
Балл		5	5	3		6	4	6	2	5	1	1	6	3,92

Примечание. Источник: рассчитано автором.

Таблица 3

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «Новатэк»

Наим.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Сред.
МО	1,56	1,70	1,58	1,38	2,59	1,98	1,89	1,91	1,81	2,99	3,26	2,46	
ФО	539,03	727,52	755,28	890,29	946,90	1035,59	963,69	938,97	969,82	743,39	537,42	Ув.	
Кутп	0,0029	0,0023	0,0021	0,0016	0,0027	0,0019	0,0020	0,0020	0,0019	0,0040	0,0061	Ум.	
№		1-2	3	3	1-1	3	4-2	2	3	2	2	3	
Балл		5	3	3	6	3	2	4	3	4	4	3	3,64

Примечание. Источник: рассчитано автором.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 4

Уровень устойчивости технологического развития ПАО «Норильский никель»

Наим.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Сред.
МО	5,38	5,51	4,16	10,57	13,73	14,19	12,55	8,19	8,68	8,22	5,47	4,27	4,24	
ФО	2,24	2,19	1,64	1,35	1,54	1,60	1,435	1,40	1,69	2,32	2,40	2,00	1,73	
Кутп	2,41	2,52	2,53	7,84	8,92	8,88	8,64	5,87	5,14	3,54	2,28	2,14	2,44	
№		2	4-2	2	1-1	1-2	4-1	4-1	1-2	3	3	4-1	4-2	
Балл		4	2	4	6	5	1	1	5	3	3	1	2	3,08

Примечание. Источник: рассчитано автором.

Таблица 5

Уровень устойчивости технологического развития АО «Кольская горно-металлургическая компания»

Наим.	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Сред.
МО	2,76	2,23	2,11	2,08	2,79	2,97	2,16	2,35	2,41	9,31	30,88	33,86	33,26	
ФО	1,60	1,50	1,23	0,98	1,18	1,22	1,02	1,03	1,03	3,08	7,66	7,01	6,56	
Кутп	1,73	1,48	1,72	2,12	2,37	2,44	2,13	2,29	2,34	3,02	4,03	4,83	5,07	
№		4-1	4-2	4-2	1-1	1-1	4-1	1-1	1-1	1-1	1-1	2	4-2	
Балл		1	2	2	6	6	1	6	6	6	6	4	2	4,00

Примечание. Источник: рассчитано автором.

Приведенные данные показывают, во-первых, практическую возможность расчета единого индекса устойчивости за любой период времени. За двенадцать лет более устойчиво из трех предприятий развивалось ПАО «АЛРОСА», хотя и у него средняя оценка уровня устойчивости оказалась низкой (3,64 по сравнению с максимально возможным значением 6,00). У АО «Кольская горно-металлургическая компания» индекс устойчивости оказался существенно выше, чем у материнской компании (4,00 по сравнению с 3,08), что отражает более высокие темпы технологического обновления производства (значение Кутп за 12 лет увеличилось

почти в три раза, а у ПАО «Норильский никель» осталось практически на одном и том же уровне). Во-вторых, можно увидеть цикличность изменения уровня устойчивости за рассматриваемый период, особенно ярко выраженную на ПАО «Норильский никель» (рис. 1, 3, 5, 7). Она связана с тем, что технологическое развитие предприятий тоже имеет циклический характер, что отражает динамика значений Кутп (рис. 2, 4, 6, 8) (все рисунки составлены на основе данных, приведенных в табл. 2–5). Учет этого фактора позволит предприятиям более предметно обосновывать перспективы повышения уровня своей устойчивости.



Рис. 1. Динамика устойчивости технологического развития ПАО «АЛРОСА»

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ



Рис. 2. Динамика технологического развития ПАО «АЛРОСА»



Рис. 3. Динамика устойчивости технологического развития ПАО «НОВАТЭК»



Рис. 4. Динамика технологического развития ПАО «НОВАТЭК»

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ



Рис. 5. Динамика устойчивости технологического развития ПАО «Норильский никель»



Рис. 6. Динамика технологического развития ПАО «Норильский никель»



Рис. 7. Динамика устойчивости технологического развития АО «Кольская горно-металлургическая компания»

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ



Рис. 8. Динамика технологического развития АО «Кольская горно-металлургическая компания»

Рассмотренный подход к определению уровня устойчивости промышленных систем за длительный пятнадцатилетний период был использован нами также применительно к развитию промышленного производства в четырех регионах — субъектах Федерации, полностью входящих в АЗРФ (Мурманская область, Ненецкий (НАО), Ямало-Ненецкий (ЯНАО) и Чукотский (ЧАО) автономные округа) (табл. 6–9). При этом для более объективной оценки уровня устойчивости отдельно проанализированы три вида промышленной деятельности — добыча полезных ископаемых,

обрабатывающие производства, производство электроэнергии, газа и воды. В результате показано, что за рассматриваемый период средний уровень устойчивости технологического развития по всем регионам составил более трех, но меньше четырех баллов, то есть устойчивость развития находится на низком уровне. При этом из всех регионов наивысший балл у ЧАО (3,67) и ЯНАО (3,60), причем в ЯНАО такой уровень устойчивости был обеспечен за счет технологического развития преобладающего вида деятельности — добычи полезных ископаемых, а в ЧАО — производства электроэнергии, газа и воды.

Таблица 6

Оценка уровня устойчивости технологического развития промышленности Мурманской области

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Сред.
<i>Добыча полезных ископаемых</i>																
Номер стадии	1-1	2	1-2	4-1	1-2	2	4-2	1-2	4-2	1-2	3	2	2	3	3	
Балл	6	4	5	1	5	4	2	5	2	5	3	4	4	3	3	3,73
<i>Обрабатывающие производства</i>																
Номер стадии	3	1-1	4-1	3	3	4-2	3	4-2	3	3	4-2	2	2	1-2	1-2	
Балл	3	6	1	3	3	2	3	2	3	3	2	4	4	5	5	3,27
<i>Производство электроэнергии, газа и воды</i>																
Номер стадии	4-1	4-1	1-2	1-2	1-2	2	1-1	2	2	2	3	1-2	2	1-1	2	
Балл	1	1	5	5	5	4	6	4	4	4	3	5	4	6	4	4,07
<i>Промышленность региона в целом</i>																
Номер стадии	3	2	3	4-1	3	2	4-1	2	4-2	1-2	1-2	2	2	3	3	
Балл	3	4	3	1	3	4	1	4	2	5	5	4	4	3	3	3,27

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

Таблица 7

Оценка уровня устойчивости технологического развития промышленности Ненецкого автономного округа

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Сред.
<i>Добыча полезных ископаемых</i>																
Номер стадии	1-1	3	4-2	1-2	1-1	3	4-2	3	1-1	4-2	2	4-1	1-2	3	4-2	
Балл	6	3	2	5	6	3	2	3	6	2	4	1	5	3	2	3,47
<i>Обрабатывающие производства</i>																
Номер стадии	1-1	1-1	3	3	3	1-1	1-2	1-1	3	3	3	2	2	2	4-2	
Балл	6	6	3	3	3	6	5	6	3	3	3	4	4	4	2	4,07
<i>Производство электроэнергии, газа и воды</i>																
Номер стадии	2	2	3	1-1	4-1	3	4-1	1-1	1-1	2	3	2	2	3	3	
Балл	4	4	3	6	1	3	1	6	6	4	3	4	4	3	3	3,67
<i>Промышленность региона в целом</i>																
Номер стадии	1-1	3	4-2	1-2	2	4-1	4-2	2	2	4-1	2	3	1-1	2	4-2	
Балл	6	3	2	5	4	1	2	5	4	1	4	3	6	4	2	3,47

Таблица 8

Оценка уровня устойчивости технологического развития Ямало-Ненецкого автономного округа

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Сред.
<i>Добыча полезных ископаемых</i>																
Номер стадии	3	4-2	4-2	4-2	3	1-2	2	3	1-1	1-1	2	2	1-1	4-2	4-2	
Балл	3	2	2	2	4	5	4	3	6	6	4	4	6	2	2	3,67
<i>Обрабатывающие производства</i>																
Номер стадии	4-1	1-2	2	2	3	4-2	1-2	1-2	2	3	3	2	4-2	2	4-2	
Балл	1	5	4	4	3	2	5	5	4	3	3	4	2	4	2	3,40
<i>Производство электроэнергии, газа и воды</i>																
Номер стадии	1-2	4-2	4-2	1-1	4-2	1-1	4-1	3	2	2	1-1	3	2	3	2	
Балл	5	2	2	6	2	6	1	3	4	4	6	3	4	3	4	3,67
<i>Промышленность региона в целом</i>																
Номер стадии	3	4-2	4-2	4-2	3	1-2	2	1-2	1-1	3	4-2	1-1	1-1	2	4-2	
Балл	3	2	2	2	3	5	4	5	6	3	2	6	6	4	2	3,60

Таблица 9

Оценка уровня устойчивости технологического развития промышленности Чукотского автономного округа

Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Сред.
<i>Добыча полезных ископаемых</i>																
Номер стадии	2	2	3	2	4-2	2	2	4-2	3	1-2	2	2	2	4-2	1	
Балл	4	4	2	4	2	4	4	2	3	5	4	4	4	2	6	3,6
<i>Обрабатывающие производства</i>																
Номер стадии	4-2	2	3	4-2	1-2	3	3	1-2	1-2	1-1	4-2	3	3	3	3	
Балл	2	4	3	2	5	3	3	5	5	6	2	3	3	3	3	3,47
<i>Производство электроэнергии, газа и воды</i>																
Номер стадии	1-1	2	2	3	4-1	2	3	4-1	2	1-1	2	2	3	3	1	
Балл	6	4	4	3	1	4	3	1	4	6	4	4	3	3	6	3,73
<i>Промышленность региона в целом</i>																
Номер стадии	1-1	2	3	1-2	4-2	2	2	4-2	3	3	2	2	2	3	2	
Балл	6	4	3	5	2	4	4	2	3	3	4	4	4	3	4	3,67

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

В Мурманской области определяющее воздействие на низкий уровень устойчивости (3,27 балла) оказало развитие обрабатывающих производств (средний балл 3,27), а в НАО, наоборот, обрабатывающая промышленность развивалась устойчиво (средний балл 4,07), но в структуре видов промышленной деятельности она имеет низкий удельный вес, поэтому общий средний балл оказался также менее четырех (3,47).

В результате выполненного анализа можно констатировать, что в ближайшей перспективе (по крайней мере в ближайшие пять лет) промышленное производство в регионах, входящих в АЗРФ, будет и далее развиваться на низком уровне устойчивости, так как для существенного технологического обновления производства потребуется новейшее высокопроизводительное оборудование. В условиях западных санкций это весьма проблематично, а полное импортозамещение отечественным оборудованием за такой период практически невозможно, так как машиностроение в стране после распада СССР оказалось на крайне низком производственно-технологическом уровне.

Таким образом, для повышения в перспективе уровня устойчивости производственных систем органы власти и управления в регионах Севера и Арктики должны принимать стратегические управленческие решения, направленные, с одной стороны, на скорейшее внедрение в промышленности уже имеющихся результатов НИОКР с использованием параллельного импорта технологического оборудования, а с другой стороны, использовать разнообразные возможности стимулирования дальнейших направлений разработки и внедрения в производство технологических инноваций.

Заключение

1. Показано, что в мировой науке и практике проблема количественного измерения уровня устойчивости предприятий до настоящего времени однозначно не решена. Нами предложен новый методологический подход к оценке уровней устойчивости производственных систем различного

уровня иерархии, являющийся вкладом в развитие науки.

2. На основе разработанных ранее графической модели жизненного цикла технологического развития производства и индикаторов уровня устойчивости предложен метод балльной оценки устойчивости производственных систем различного вида и уровня иерархии (предприятий, отраслей, видов производственной деятельности) и расчет индекса устойчивости, который позволяет сравнивать уровни их устойчивости в различные периоды времени и между собой.

3. Практическая реализация метода рассмотрена на примере деятельности трех крупных промышленных предприятий Севера и Арктики (ПАО «АЛРОСА», ПАО «НОВОТЭК», ПАО «Норильский никель») и АО «Кольская горно-металлургическая компания» как дочернего предприятия ПАО «Норильский никель» за двенадцатилетний период, а также промышленного производства (по видам промышленной деятельности) четырех регионов РФ — субъектов Федерации, территориально полностью входящих в АЗРФ. Выполненные расчеты показали низкий уровень устойчивости практически всех анализируемых объектов.

4. Для повышения уровня устойчивости рассмотренных производственных систем в перспективе органам власти регионов АЗРФ и руководителям промышленных предприятий особое внимание рекомендуется обратить на ускорение совершенствования применяемых технологий производства и внедрение новых технологических разработок, в том числе за счет стимулирования сферы НИОКР.

5. Определено, что технологическое развитие производственных предприятий, оказывающее основное влияние на уровень устойчивости, имеет циклический характер. Соответственно, в дальнейших исследованиях предполагается изучение влияния этого фактора на количественную оценку уровня устойчивости и ее динамику в стратегической перспективе.

Список источников

1. Alsayegh M. F., Abdul Rahman R., Homayoun S. Corporate Economic, Environmental, and Social Sustainability Performance Transformation through ESG Disclosure // Sustainability. 2020. Vol. 12 (9). 3910. doi.org/10.3390/su12093910.
2. Taliento M., Favino C., Netti A. Impact of Environmental, Social, and Governance Information on Economic Performance: Evidence of a Corporate 'Sustainability Advantage' from Europe // Sustainability. 2019. Vol. 11 (6). 1738. doi.org/10.3390/su11061738.
3. Hummel K., Schlick C. The relationship between sustainability performance and sustainability disclosure — Reconciling voluntary disclosure theory and legitimacy theory // J. Account. Public Policy. 2016. V. 35. P. 455–476. doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2016.06.001.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

4. Глушакова О. В., Черникова О. П. Институализация ESG-принципов на международном уровне и в Российской Федерации, их влияние на деятельность предприятий черной металлургии. Сообщение 1 // Известия вузов. Черная металлургия. 2023. № 66 (2). С. 253–264. doi.org/10.17073/0368-0797-2023-2-253-264.
5. León-Soriano R., Jesús Muñoz-Torres M., Chalmeta-Rosaleñ R. Methodology for sustainability strategic planning and management // *Industrial management & data systems*. 2010 Mar 16. Vol. 110 (2). P. 249–68.
6. Hristov I., Chirico A., Appolloni A. Sustainability value creation, survival, and growth of the company: A critical perspective in the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC) // *Sustainability*. 2019. Vol. 11 (7). P. 2119.
7. Pazienza M., de Jong M., Schoenmaker D. Why Corporate Sustainability Is Not Yet Measured // *Sustainability*. 2023. No. 15. P. 6275. doi.org/10.3390/su15076275.
8. Kates R. W., Parris T. M., Leiserowitz A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice // *Environ. Sci. Policy Sustain. Dev*. 2005. No. 47. P. 8–21.
9. Strange T., Bayley A. Sustainable development: Linking economy, society, environment. Paris: OECD Insights, 2008.
10. Kuhlman T., Farrington J. What is Sustainability? // *Sustainability*. 2010. Vol. 2. P. 3436–3448.
11. Meshalkin V. P., Dovi' V. G., Marsanich A. Strategy of Chemical Supply Chain Management and Sustainable Development. M.: Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2003. 542 p.
12. Elkington J., Rowlands I. H. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business // *Alternatives Journal*. 1999. Vol. 25, No.4. P. 42.
13. Kocmanová A., Šimberová I. Determination of environmental, social and corporate governance indicators: Framework in the measurement of sustainable performance // *J. Bus. Econ. Manag.* 2014. No. 15. P. 1017–1033.
14. Dočekalová M. P., Kocmanová A. Composite indicator for measuring corporate sustainability // *Ecol. Indic.* 2016. No. 61. P. 612–623.
15. Nikolaou I. E., Tsalis T. A., Evangelinos K. I. A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm // *Sustain. Prod. Consum.* 2019. No. 18. P. 1–18.
16. Journeault M. The Integrated Scorecard in support of corporate sustainability strategies // *J. Environ. Manag.* 2016. No. 182. P. 214–229.
17. Christofi A., Christofi P., Sisaye S. Corporate sustainability: Historical development and reporting practices // *Manag. Res. Rev.* 2012. No. 35. P. 157–172.
18. Diez-Cañamero B., Bishara T., Otegi-Olaso J. R., Minguez R., Fernández J. M. Measurement of corporate social responsibility: A review of corporate sustainability indexes, rankings and ratings // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 2153.
19. Bamford D., Yang J.-B., Sureeyatanapas P. Evaluation of corporate sustainability // *Front. Eng. Manag.* 2014. No. 1. P. 176–194.
20. Büyüközkan G., Karabulut Y. Sustainability performance evaluation: Literature review and future directions // *J. Environ. Manag.* 2018. No. 217. P. 253–267.
21. Kaplan R. S., Norton D. P. *The Balanced Scorecard — Translating Strategies into Action*. 1997. Boston, Dt. Übersetzung: Stuttgart.
22. Figge F., Hahn T., Schaltegger S., Wagner M. The sustainability balanced scorecard-linking sustainability management to business strategy // *Bus. Strategy Environ.* 2002. No. 11. P. 269–284.
23. Chalmeta R., Palomero S. Methodological proposal for business sustainability management by means of the Balanced Scorecard // *Journal of the operational research society*. 2011. Vol. 62 (7). P. 1344–56.
24. Schaltegger S. Sustainability as a driver for corporate economic success. Consequences for the development of sustainability management control. Society and Economy. In Central and Eastern Europe // *Journal of the Corvinus University of Budapest*. 2011. Vol. 33 (1). P. 15–28.
25. Chowdhury P., Paul S. K. Applications of MCDM methods in research on corporate sustainability: A systematic literature review // *Manag. Environ. Qual. Int. J.* 2020. No. 31. P. 385–405.
26. Rao S.-H. A hybrid MCDM model based on DEMATEL and ANP for improving the measurement of corporate sustainability indicators: A study of Taiwan High Speed Rail // *Res. Transp. Bus. Manag.* 2021. No. 41. P. 100657.
27. Virtanen T., Tuomaala M., Pentti E. Energy efficiency complexities: A technical and managerial investigation // *Management Accounting Research*. 2013. Vol. 24 (4). P. 401–416. doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.002.
28. Pencle N. Motivating Corporate Sustainability Research in Management Accounting Through the Lens of Paradox Theory // *Account. Perspect.* 2022. No. 21. Pp. 663–696.
29. Bendig D., Kleine-Stegemann L., Gisa K. The green manufacturing framework — A systematic literature review // *Cleaner Engineering and Technology*. 2023. Vol. 13. P. 100613. doi.org/10.1016/j.clet.2023.100613.
30. Bhatt Y., Ghuman K., Dhir A. Sustainable manufacturing. Bibliometrics and content analysis // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 260. P. 120988. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120988.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

31. Ozlem Ayaz Arda, Frank Montabon, Ekrem Tatoglu, Ismail Golgeci, Selim Zaim. Toward a holistic understanding of sustainability in corporations: resource-based view of sustainable supply chain management // *Supply Chain Management: An International Journal*. 2021. Vol. 28 (2). P. 193–208. 10.1108/SCM-08-2021-0385.
32. Naghmeh Taghavi. Sustainable Development of Operations: Actors' Involvement in the Process of Energy Efficiency Improvements // *Sustainability*. 2021. Vol. 13 (11). 6121. 10.3390/su13116121.
33. Ming K. Lim, Ming Lai, Chao Wang, Sir Yee Lee. Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach // *Sustainable Production and Consumption*. 2022. No. 30. P. 130–144. 10.1016/j.spc.2021.12.001.
34. Wiegand T., Wynn M. Sustainability, the Circular Economy and Digitalisation in the German Textile and Clothing Industry // *Sustainability*. 2023. Vol. 15 (11). 9111. doi.org/10.3390/su15119111.
35. Wynn M, Jones P. Digital Technology Deployment and the Circular Economy // *Sustainability*. 2022. Vol. 14 (15). 9077. doi.org/10.3390/su14159077.
36. AlMashaqbeh S., Munive-Hernandez J. E. Risk Analysis under a Circular Economy Context Using a Systems Thinking Approach // *Sustainability*. 2023. Vol. 15 (5). 4141. doi.org/10.3390/su15054141.
37. Ross S. A., Westerfield R. W., Jordan B. D. *Fundamentals of Corporate Finance*. Richard D. Irwin, Inc., 1991.
38. Damodaran A. *Corporate Finance. Theory and Practice*. John Wiley & Sons, 2001.
39. Copeland T., Weston F., Shastri K. *Financial Theory and Corporate Finance*. Addison Wesley, 2004.
40. Oncioiu I., Petrescu A.-G., Bîlcan F.-R., Petrescu M., Popescu D.-M., Anghel E. Corporate Sustainability Reporting and Financial Performance // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. 4297. doi.org/10.3390/su12104297.
41. Жаров В. С. Система показателей для оценки эффективности различных видов технологических инноваций // *Друckerовский вестник*. 2022. № 2 (46). С. 243–250. DOI 10.17213/2312-6469-2022-2-243-250.
42. Жаров В. С. Технологическая устойчивость как основа устойчивого промышленного развития регионов // *Друckerовский вестник*. 2022. № 5. С. 167–176. DOI 10.17213/2312-6469-2022-5-167-176.
43. Жаров В. С. Взаимосвязь технологического и экономического развития производственных систем // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2018. Т. 11, № 3. С. 32–44. DOI: 10.18721/JE.11303.
44. Meshalkin V. P., Zharov V. S., Leontiev L. I., Nzioka A. M., Belozersky A. Y. Sustainable Environmental Impact Assessment Using Indicators for Sustainable Energy-Intensive Industrial Production // *Energies*. 2023. Vol. 16 (7). 3172. doi.org/10.3390/en16073172.

References

1. Alsayegh M. F., Abdul Rahman R., Homayoun S. Corporate Economic, Environmental, and Social Sustainability Performance Transformation through ESG Disclosure. *Sustainability*, 2020, vol. 12 (9), 3910. doi.org/10.3390/su12093910.
2. Taliento M., Favino C., Netti A. Impact of Environmental, Social, and Governance Information on Economic Performance: Evidence of a Corporate 'Sustainability Advantage' from Europe. *Sustainability*, 2019, vol. 11 (6), 1738. doi.org/10.3390/su11061738.
3. Hummel K., Schlick C. The relationship between sustainability performance and sustainability disclosure — Reconciling voluntary disclosure theory and legitimacy theory. *J. Account. Public Policy*, 2016, vol. 35, pp. 455–476. doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2016.06.001.
4. Glushakova O. V., Chernikova O. P. Institutionalization of ESG-principles at the international level and in the Russian Federation, their impact on ferrous metallurgy enterprises. Part 1]. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya* [Izvestiya. Ferrous metallurgy], 2023, no. 66 (2), pp. 253–264. (In Russ.). doi.org/10.17073/0368-0797-2023-2-253-264.
5. León-Soriano R., Jesús Muñoz-Torres M., Chalmeta-Rosaleñ R. Methodology for sustainability strategic planning and management. *Industrial management & data systems*, 2010 Mar 16, vol. 110 (2), pp. 249–68.
6. Hristov I., Chirico A., Appolloni A. Sustainability value creation, survival, and growth of the company: A critical perspective in the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC). *Sustainability*, 2019, vol. 11 (7), 2119.
7. Pazienza M., de Jong M., Schoenmaker D. Why Corporate Sustainability Is Not Yet Measured. *Sustainability*, 2023, no. 15, 6275. doi.org/10.3390/su15076275.
8. Kates R. W., Parris T. M., Leiserowitz A. A. What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. *Environ. Sci. Policy Sustain. Dev.*, 2005, no. 47, pp. 8–21.
9. Strange T., Bayley A. *Sustainable development: Linking economy, society, environment*. Paris: OECD Insights, 2008.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

10. Kuhlman T., Farrington J. What is Sustainability? *Sustainability*, 2010, vol. 2, pp. 3436–3448.
11. Meshalkin V. P., Dovi' V. G., Marsanich A. *Strategy of Chemical Supply Chain Management and Sustainable Development*. Moscow, Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 2003, 542 p.
12. Elkington J., Rowlands I. H. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. *Alternatives Journal*, 1999, vol. 25, no. 4, p. 42.
13. Kocmanová A., Šimberová I. Determination of environmental, social and corporate governance indicators: Framework in the measurement of sustainable performance. *J. Bus. Econ. Manag.*, 2014, no. 15, pp. 1017–1033.
14. Dočekalová M. P., Kocmanová A. Composite indicator for measuring corporate sustainability. *Ecol. Indic.*, 2016, no. 61, pp. 612–623.
15. Nikolaou I. E., Tsalis T. A., Evangelinos K. I. A framework to measure corporate sustainability performance: A strong sustainability-based view of firm. *Sustain. Prod. Consum.*, 2019, no. 18, pp. 1–18.
16. Journeault M. The Integrated Scorecard in support of corporate sustainability strategies. *J. Environ. Manag.*, 2016, no. 182, pp. 214–229.
17. Christofi A., Christofi P., Sisaye S. Corporate sustainability: Historical development and reporting practices. *Manag. Res. Rev.*, 2012, no. 35, pp. 157–172.
18. Diez-Cañamero B., Bishara T., Otegi-Olaso J. R., Minguez R., Fernández J. M. Measurement of corporate social responsibility: A review of corporate sustainability indexes, rankings and ratings. *Sustainability*, 2020, vol. 12, 2153.
19. Bamford D., Yang J.-B., Sureeyatanapas P. Evaluation of corporate sustainability. *Front. Eng. Manag.*, 2014, no. 1, pp. 176–194.
20. Büyüközkan G., Karabulut Y. Sustainability performance evaluation: Literature review and future directions. *J. Environ. Manag.*, 2018, no. 217, pp. 253–267.
21. Kaplan R. S., Norton D. P. *The Balanced Scorecard — Translating Strategies into Action*. 1997. Boston, Dt. Übersetzung: Stuttgart.
22. Figge F., Hahn T., Schaltegger S., Wagner M. The sustainability balanced scorecard-linking sustainability management to business strategy. *Bus. Strategy Environ.*, 2002, no. 11, pp. 269–284.
23. Chalmeta R., Palomero S. Methodological proposal for business sustainability management by means of the Balanced Scorecard. *Journal of the operational research society*, 2011, vol. 62 (7), pp. 1344–56.
24. Schaltegger S. Sustainability as a driver for corporate economic success. Consequences for the development of sustainability management control. Society and Economy. In Central and Eastern Europe. *Journal of the Corvinus University of Budapest*, 2011, vol. 33 (1), pp. 15–28.
25. Chowdhury P., Paul S. K. Applications of MCDM methods in research on corporate sustainability: A systematic literature review. *Manag. Environ. Qual. Int. J.*, 2020, no. 31, pp. 385–405.
26. Rao S.-H. A hybrid MCDM model based on DEMATEL and ANP for improving the measurement of corporate sustainability indicators: A study of Taiwan High Speed Rail. *Res. Transp. Bus. Manag.*, 2021, no. 41, 100657.
27. Virtanen T., Tuomaala M., Pentti E. Energy efficiency complexities: A technical and managerial investigation. *Management Accounting Research*, 2013, vol. 24 (4), pp. 401–416. doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.002.
28. Pencle N. Motivating Corporate Sustainability Research in Management Accounting Through the Lens of Paradox Theory. *Account. Perspect.*, 2022, no. 21, pp. 663–696.
29. Bendig D., Kleine-Stegemann L., Gisa K. The green manufacturing framework — A systematic literature review. *Cleaner Engineering and Technology*, 2023, vol. 13, 100613. 10.1016/j.clet.2023.100613.
30. Bhatt Y., Ghuman K., Dhir A. Sustainable manufacturing. Bibliometrics and content analysis. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 260, 120988. 10.1016/j.jclepro.2020.120988.
31. Ozlem Ayaz Arda, Frank Montabon, Ekrem Tatoglu, Ismail Golgeci, Selim Zaim. Toward a holistic understanding of sustainability in corporations: resource-based view of sustainable supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2021, vol. 28 (2), pp. 193–208. 10.1108/SCM-08-2021-0385.
32. Naghmeh Taghavi. Sustainable Development of Operations: Actors' Involvement in the Process of Energy Efficiency Improvements. *Sustainability*, 2021, vol. 13 (11), 6121. 10.3390/su13116121.
33. Ming K. Lim, Ming Lai, Chao Wang, Sir Yee Lee. Circular economy to ensure production operational sustainability: A green-lean approach. *Sustainable Production and Consumption*, 2022, no. 30, pp. 130–144. 10.1016/j.spc.2021.12.001.
34. Wiegand T., Wynn M. Sustainability, the Circular Economy and Digitalisation in the German Textile and Clothing Industry. *Sustainability*, 2023, vol. 15 (11), 9111. doi.org/10.3390/su15119111.
35. Wynn M., Jones P. Digital Technology Deployment and the Circular Economy. *Sustainability*, 2022, vol. 14 (15), 9077. doi.org/10.3390/su14159077.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРА И АРКТИКИ

36. AlMashaqbeh S., Munive-Hernandez J. E. Risk Analysis under a Circular Economy Context Using a Systems Thinking Approach. *Sustainability*, 2023, vol. 15 (5), 4141. doi.org/10.3390/su15054141.
37. Ross S. A., Westerfield R. W., Jordan B. D. *Fundamentals of Corporate Finance*. Richard D. Irwin, Inc., 1991.
38. Damodaran A. *Corporate Finance. Theory and Practice*. John Wiley & Sons, 2001.
39. Copeland T., Weston F., Shastri K. *Financial Theory and Corporate Finance*. Addison Wesley, 2004.
40. Oncioiu I., Petrescu A.-G., Bîlcan F.-R., Petrescu M., Popescu D.-M., Anghel E. Corporate Sustainability Reporting and Financial Performance. *Sustainability*, 2020, vol. 12, 4297. doi.org/10.3390.
41. Zharov V. S. Sistema pokazatelei dlya otsenki effektivnosti razlichnykh vidov tekhnologicheskikh innovatsii [A system of indicators for evaluating the effectiveness of various types of technological innovations]. *Drukerovskii vestnik* [Drukerovskij Vestnik], 2022, no. 2 (46), pp. 243–250. (In Russ.). DOI 10.17213/2312-6469-2022-2-243-250.
42. Zharov V. S. Tekhnologicheskaya ustoichivost' kak osnova ustoichivogo promyshlennogo razvitiya regionov [Technological sustainability as a basis for sustainable industrial development of regions]. *Drukerovskii vestnik* [Drukerovskij Vestnik], 2022, no. 5, pp. 167-176. (In Russ.). DOI 10.17213/2312-6469-2022-5-167-176
43. Zharov V. S. Vzaimosvyaz' tekhnologicheskogo i ekonomicheskogo razvitiya proizvodstvennykh sistem [The interrelation of technological and economic development of production systems]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki* [Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State Polytechnic University. Economic Sciences], 2018, vol. 11, no. 3, pp. 32–44. (In Russ.). DOI: 10.18721/JE.11303.
44. Meshalkin V. P., Zharov V. S., Leontiev L. I., Nzioka A. M., Belozersky A. Y. Sustainable Environmental Impact Assessment Using Indicators for Sustainable Energy-Intensive Industrial Production. *Energies*, 2023, vol. 16 (7), 3172. doi.org/10.3390/en16073172.

Об авторе:

В. С. Жаров — докт. экон. наук, главный научный сотрудник.

About the author:

V. S. Zharov — DSc (Economics), Chief Researcher.

Статья поступила в редакцию 2 августа 2023 года.

Статья принята к публикации 6 ноября 2023 года.

The article was submitted on August 2, 2023.

Accepted for publication on November 6, 2023.