

DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.18>UDC 334.658.5
LBC 65.05Submitted: 01.08.2023
Accepted: 05.09.2023

ASSESSMENT SIMULATION OF INTERCHANGEABILITY EFFICIENCY OF RESOURCE POTENTIAL OF PARTICIPANTS OF INNOVATIVE SOLVATIONS¹

Lyudmila G. Matveeva

Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Ekaterina A. Likhatskaya

Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. The need for organizational design of effective forms in the manufacturing industry, determined by modern imperatives to increase the use of endogenous potential using the capabilities of circular models, puts forward among such associations innovative solutions operating on the circularity platform. This is due to the fact that the main principle of their functioning is resource efficiency, as a result of rational organization and use of internal resources by participants, as well as rational symbiosis between them. The methodological basis of this study, in addition to basic methods and system-wide ones, includes the principles of zero-waste, resource efficiency, inclusivity, and resilience. The paper takes into account the results of a targeted analysis of modern approaches by Russian and foreign scientists specializing in issues of economic content and the role of circular models in the rational use of resource potential by the agents of integrated entities in the regional industry. The interpretation of their opinions on such criteria of circularity as inclusivity and resiliency was given. Taking into account the fundamental principles of interaction of solvates participants on the basis of circularity, this article examines the issues of rationality and the growth of resource symbiosis among participants. The latter is possible for the authors by choosing optimal variants for interchangeability of their potentials in cases of irrational (ineffective) use or identification of limiting components of resource potential. This is important in achieving local goals in the subsystems of the alliance and/or the global goal of unification. The article offers a set of simulation models. Their use makes it possible to form such alternative scenarios of targeted redistribution and replacement of resources by solvate subjects in close conjunction with the target installations of each stage of a single technological chain of value-added creation. Model verification is carried out on the example of industrial associations in the south of Russia. They are substantiated by the authors in previous papers as innovative solutions that meet the criteria for the content, organization, distribution, and use of resources, as well as the principles of the circular economy. Different scenarios for interchanging the resource potentials of participants were calculated in accordance with different variants of solvate pricing policy.

Key words: innovative solvates in industry, resource potential, interchanging, simulation, rational symbiosis, efficiency of resource redistribution, industrial associations in the south of Russia, circular economy.

Citation. Matveeva L.G., Likhatskaya E.A., 2023. Assessment Simulation of Interchangeability Efficiency of Resource Potential of Participants of Innovative Salvations. *Regionalnaya ekonomika. Yug Rossii* [Regional Economy. South of Russia], vol. 11, no. 4, pp. 201-213. (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.18>

УДК 334.658.5
ББК 65.05Дата поступления статьи: 01.08.2023
Дата принятия статьи: 05.09.2023

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА УЧАСТНИКОВ ИННОВАЦИОННЫХ СОЛЬВАТАЦИЙ¹

Людмила Григорьевна Матвеева

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

© Матвеева Л.Г., Лихацкая Е.А., 2023

Екатерина Александровна Лихацкая

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация. Необходимость организационного проектирования эффективных формообразований в обрабатывающей промышленности, детерминируемая современными императивами активизации использования эндогенного потенциала с учетом возможностей циркулярных моделей, выдвигает в число таких объединений инновационные сольваты, работающие на платформе циркулярности. Это объясняется тем, что главным принципом их функционирования является ресурсоэффективность как следствие рациональной организации и использования внутренних ресурсов участников, а также рационального симбиоза между ними. Методологическая платформа данного исследования, помимо базовых, общесистемных, включает принципы безотходности, ресурсоэффективности, инклюзивности, резильентности. В работе учтены результаты прицельного анализа современных подходов российских и зарубежных ученых, специализирующихся на вопросах экономического содержания и роли циркулярных моделей в рациональном использовании ресурсного потенциала субъектов интеграционных формообразований в региональной промышленности; дано толкование их мнений по таким критериям циркулярности, как инклюзивность и резильентность. С учетом основополагающих принципов взаимодействия участников сольватов на базе циркулярности в данной статье исследуются вопросы повышения рациональности ресурсного симбиоза участников. Последнее представляется авторам возможным за счет выбора оптимальных вариантов взаимозаменяемости их потенциалов в случаях нерационального (неэффективного) использования либо выявления лимитирующих компонентов ресурсного потенциала в контексте достижения локальных целей в подсистемах альянса и/или глобальной цели объединения. В статье предложен комплекс имитационных моделей, использование которых позволяет формировать такого рода альтернативные сценарии целеориентированного перераспределения и замещения ресурсов субъектов сольвата в тесном сопряжении с целевыми установками каждого этапа единой технологической цепи создания добавленной стоимости. Верификация моделей проводится на примере промышленных объединений юга России, обоснованных авторами в предыдущих публикациях в качестве инновационных сольватов, отвечающих критериальным признакам по содержанию, организации распределения и использования ресурсов, а также принципам экономики замкнутого цикла. Рассчитаны различные сценарии взаимозамещения ресурсных потенциалов участников в соответствии с разными вариантами ценовой политики сольвата.

Ключевые слова: инновационные сольваты в промышленности, ресурсный потенциал, взаимозамещение, имитационное моделирование, рациональный симбиоз, эффективность перераспределения ресурсов, промышленные объединения юга России, экономика замкнутого цикла.

Цитирование. Матвеева Л. Г., Лихацкая Е. А. 2023. Имитационное моделирование оценки эффективности взаимозаменяемости ресурсного потенциала участников инновационных сольватаций // Региональная экономика. Юг России. Т. 11, № 4. С. 201–213. DOI: <https://doi.org/10.15688/re.volsu.2023.4.18>

Постановка проблемы

Национальный императив поддержки эффективного функционирования высокотехнологичных отраслей обрабатывающей промышленности формирует новые требования к системе и технологиям взаимодействий участников инновационных процессов, являющихся элементами высокотехнологичных объединений региона. Так, в отношении промышленных инновационных сольватов это сопряжено с задачей достижения рационального симбиоза между участниками и управления процессами использования индивидуального (участников) и совокупного (объединения) потенциала с применением экономико-математического инструментария принятия решений.

Обоснованная в предыдущих исследованиях авторов целесообразность реализации в инновационных промышленных альянсах циркулярной бизнес-парадигмы [Matveeva et al., 2023], обеспечивающей эффективность организации и исполь-

зования ресурсов участниками инновационных сольватаций в промышленности, а также рациональность симбиоза между ними предполагают разработку инструментария оценки возможности (целесообразности) и эффективности их ресурсных взаимодействий, включая перераспределение индивидуальных потенциалов.

Моделирование таких ресурсных взаимодействий субъектов сольватационных альянсов следует осуществлять, во-первых, в соответствии с их локальными целями и глобальной целью сольвата как суперсистемы в рамках каждого технологического цикла; во-вторых, исходя из ресурсных возможностей (потребностей) участников. Разработанная на основе этих исходных посылок система экономико-математических моделей будет согласовываться с инструментарием достижения баланса разнонаправленных интересов, поскольку априори учитывает цели взаимодействующих участников, а также их вложенность в систему глобальных целей сольвата.

В основе исследования задачи перераспределения и взаимодополнения ресурсных потенциалов субъектов сольватационного альянса лежит предположение о том, что с методологических позиций принятого авторами в исследовании сольватов системно-синергетического подхода взаимодействие участников подчиняется принципам циркулярности [Никитаева, 2022; Mutezo, Muloro, 2021], теория которой широко разработана в последние годы [Печенина, 2021; Батова, 2020; Chang, Frauke, 2021; Pieroni, McAlone, Pigosso, 2020; Stevovic, Dragoljub, Petrovic, 2021; и др.], в том числе в аспекте стимулирования предприятий к переходу на данную модель. Последнее означает следование таким принципам, как инклюзивность (что в авторском понимании означает не только равный доступ членов сольвата к ресурсам, но и равную ответственность за их безотходное [Chang, Frauke, 2021; Aloini et al., 2020] и эффективное использование) и резильентность (возврат на траекторию устойчивости за счет внутренних ресурсов сольвата в случае отклонения от нее).

Бизнес-парадигма циркулярной экономики в промышленных объединениях [Пудовкина, 2019; Vacovis, Borchardt, 2021; Dantas et al., 2021; Tseng et al., 2021; Mendoza et al., 2022; Silva et al., 2019; Stefanakis, Nikolaou, 2021; и др.] нацелена на гармонизацию ресурсообеспечения всех участников сольватаций и формирует так называемую

сольватную оболочку [Matveeva et al., 2023]. «Сольватная оболочка» интегрирует потенциал участников и способствует продуцированию синергетического эффекта, в том числе за счет целеориентированного перераспределения свободных ресурсов между субъектами – от тех, у которых фиксируется наличие избыточных ресурсов, тем, кто испытывает ресурсный дефицит и кому они необходимы для решения текущих и стратегических задач.

То есть необходимо выявление лимитирующих составляющих совокупного потенциала сольвата, сдерживающих достижение локальных и глобальной цели. Это согласуется с тем, что управление интегрированным ресурсным потенциалом субъектов промышленной сольватации заключается не только в его замкнутом (циклическом) использовании в соответствии с единой целью функционирования альянса по инновационной модели, но также в инноватизации взаимосвязей участников, позволяющей достигать инновационного резонанса и инновационного отклика в структурных подсистемах альянса. При этом потенциалы отдельных компаний сольвата, которые формируют их конкурентоспособность, а также позиции, ролевые функции и статус в сольватационной системе (рис. 1), могут проявляться в разной степени, что зависит от качества их менеджмента [Ferasso et al., 2020].



Рис. 1. Глобальные и локальные детерминанты взаимозамещения (взаимодополнения) ресурсных потенциалов участников инновационного сольвата

Примечание. Авторская разработка.

Поскольку ядрами (вершинами) сольватов в индустриальной сфере региона являются драйверы инновационного роста промышленности [Никитаева, 2022], формирующие симбиотические отношения с компаниями своей либо смежных сфер в рамках единой технологической цепи, эти лидирующие предприятия, как правило, обладают значительным ресурсным потенциалом, что позволяет рассматривать их в качестве основных ресурсных доноров для других структурно-функциональных звеньев альянса, испытывающих ресурсный дефицит. По мнению авторов, решение этой задачи возможно в результате имитационного моделирования оценки эффективности взаимозаменяемости (взаимодополнения) ресурсных потенциалов участников инновационных сольватаций в ситуации их дефицита (переизбытка), а также нерационального (или нецелевого) использования.

Научная новизна, связанная с оценкой эффективности альтернативных вариантов перераспределения ресурсного потенциала между участниками партнерских взаимодействий в инновационных сольватах индустриальной сферы региона в ситуации его нерационального (или нецелевого) использования, а также выявления лимитирующих составляющих интегрированного потенциала, зак-

лючается в использовании инструментария имитационного моделирования. С помощью данных моделей возможна разработка различных сценариев перераспределения ресурсов участников альянса между собой (в случае производственной необходимости) или взаимозамещения тех или иных компонентов интегрированного потенциала (в случае выявления лимитирующих весь циклический процесс инновационного сольвата ресурсов) и необходимости их наращивания.

Разработка и верификация имитационной модели оценки эффективности альтернативных вариантов перераспределения ресурсного потенциала между участниками промышленного сольвата

Разработанный авторами в рамках оригинальной концептуальной канвы алгоритм формирования доказательной платформы для моделирования вариантов взаимозамещения ресурсов участников промышленного сольвата на основе определения их лимитирующих (реципиентов) или избыточных (доноров) компонентов приведен на рисунке 2.

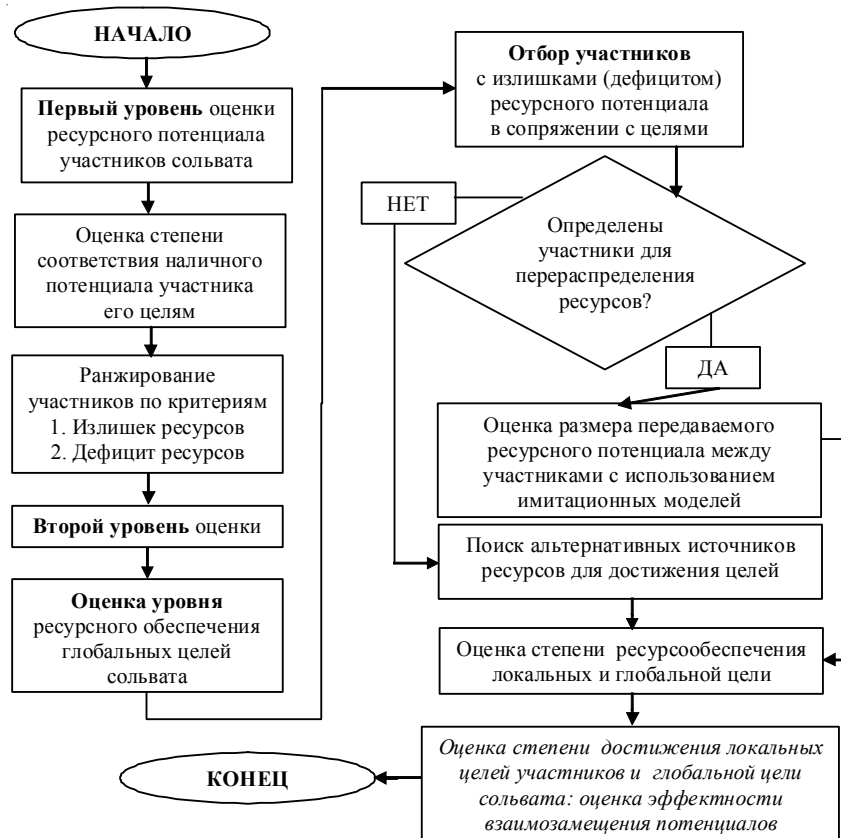


Рис. 2. Алгоритм процедуры перераспределения ресурсов между участниками сольвата

Примечание. Авторская разработка.

Как видно на рисунке 2, главными критериальными позициями в алгоритме перераспределения (взаимозамещения) ресурсов между участниками сольвата являются следующие: во-первых, выявление звеньев (участников альянса) технологической цепочки создания ценностей, характеризующихся дефицитом либо избытком ресурсов с позиции достижения индивидуальных и общих целей; во-вторых, определение размеров недостающего (избыточного) потенциала; в-третьих, ранжирование участников по их приоритету в рамках глобальной цели (целей) сольвата; в-четвертых, разработка имитационной модели для определения альтернативных вариантов перемещения ресурсов; в-пятых, оценка степени ресурсообеспечения локальных и глобальных целей; в-шестых, оценка степени достижения локальных и глобальных целей.

По определению сольватационное взаимодействие участников предполагает взаимовыгодное партнерство с учетом их разнородности и форм сотрудничества. Как было показано в работе [Матвеева и др., 2022], вывод о создании такой кооперации может быть получен на основе положительной оценки, во-первых, целесообразности объединения конкретных участников в инновационную коллаборацию с учетом потенциала каждого из них в достижении их локальных целей; во-вторых, эффективности конкретного состава участников с точки зрения реализации глобальных целей сольвата.

Для формального описания имитационной модели, с помощью которой возможно определение альтернативных вариантов (сценариев) перераспределения или взаимозамещения ресурсных потенциалов участников сольватации, необходимо (с учетом результатов оценки потенциала каждого участника на основе официальных данных финансовой отчетности) определить коэффициенты текущей ликвидности, производственной, инвестиционной и маркетинговой эффективности – субпотенциалов потенциалов членов сольвата [Лунев, 2004; Голощапова, 2013].

С их использованием можно получить интегральную оценку потенциала как среднее геометрическое субпотенциалов каждого предприятия [Кельчевская, Пелымская, Андреева, 2021], входящего в состав сольвата.

Тогда субпотенциал финансового состояния каждого предприятия сольвата рассчитывается следующим образом:

$$\Pi_1 = \frac{K_f}{K_s^f}, \quad (1)$$

где K_f – коэффициент текущей ликвидности; K_s^f – коэффициент финансового состояния предприятия по годам периода.

Субпотенциал производственной эффективности предприятия равен:

$$\Pi_2 = \frac{K_p}{K_s^p}, \quad (2)$$

где K_p – коэффициент производственной эффективности предприятия на текущий момент; K_s^p – коэффициент производственной эффективности предприятия по годам периода.

Субпотенциал инвестиционный эффективности предприятия имеет вид:

$$\Pi_3 = \frac{K_I}{K_s^I}, \quad (3)$$

где K_I – коэффициент инвестиционной эффективности предприятия на текущий момент; K_s^I – коэффициент инвестиционной эффективности предприятия по годам периода.

Тогда интегральную оценку потенциала каждого предприятия сольвата можно представить следующим образом:

$$\Pi = \sqrt[n]{\Pi_1 \cdot \Pi_2 \cdot \dots \cdot \Pi_n}, \quad (4)$$

где $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – субпотенциалы предприятия, входящего в состав сольвата.

Результатом функционирования представленных выше компонентов потенциалов предприятий сольвата является определенный объем выпуска продукции:

$$q_i = f(x_i), \quad (5)$$

где x_i – расход ресурса i в выпуске продукции.

Для решения задачи перераспределения ресурсов между участниками (в случае необходимости) в модель включен показатель «доля вклада участника в производство продукции сольвата» (ω_k). С учетом данного показателя производственная функция выпуска (5) имеет вид:

$$\omega_k q_i = \omega_k f(x_i). \quad (6)$$

Прибыль сольватационного объединения можно представить следующим образом:

$$\Pi = \sum_{i=1}^m v_i \cdot q_i - \sum_{j=1}^n w^j \cdot x^j, \quad (7)$$

где v_i – цена единицы произведенной продукции вида i ; w^j – цена единицы ресурса вида j .

Если предположить, что доля каждого предприятия в общем объеме прибыли сольвата пропорциональна вкладу составляющих его потенциала, вклад, привносимый одним участником, может быть представлен так:

$$\pi_p = \omega_p \Pi + d\pi_k - k, \quad (8)$$

где Π – прибыль сольватационного объединения в целом; d – доля вклада k -й составляющей потенциала предприятия в прибыль сольвата; k – величина потенциала предприятия в стоимостном измерении.

Оправданность (эффективность) той или иной доли вклада участника в производство продукции сольватационного объединения целесообразно определить следующим образом:

$$\frac{\pi_p}{k} \geq h, \quad (9)$$

где h – желаемая отдача от вклада.

Модель можно расширить в зависимости от ключевой цели предприятия, в качестве которой будем считать, как отмечалось, максимизацию прибыли.

То есть критерий оптимальности в данной задаче – максимизация прибыли:

$$\Pi = \sum_{i=1}^m v_i g_i - \sum_{j=1}^n w^j x^j \rightarrow \max. \quad (10)$$

В составе этой прибыли доли участников сольвата за счет функционирования i -х составляющих их потенциалов выражаются так:

$$\begin{aligned} \pi_i = & \omega_i \left[\sum_{i=1}^m v_i g_i - \sum_{j=1}^n w^j x^j \right] + \\ & + z_i \left[\sum_{i=1}^m v_i g_i - \sum_{j=1}^n w^j x^j \right] + \\ & + \sum_{j=1}^n d_{ij} \pi_j - k_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \end{aligned} \quad (11)$$

где $z_i = h_i l_i (k_{1i} + k_{2i} + \dots + k_{ji} + \dots + k_{ni})$ – рост участия i -го компонента потенциала предприятия в совокупной прибыли сольвата при увеличении данного участия на величину $k_{1i} + k_{2i} + \dots + k_{ji} + \dots + k_{ni}$; h_i – удельная величина приращения прибыли сольватационного объединения за счет роста i -й компоненты потенциала предприятия; l_i – коэффициент соответствия изменения величины h_i росту i -й компоненты потенциала предприятия (m_i); d_{ij} – размер участия m_i в прибыли, получаемой за счет j -й компоненты потенциала, когда

происходит перераспределение части i -й компоненты в объеме k_{ij} для наращивания j -й компоненты.

То есть рассматриваются варианты перераспределения частей потенциалов предприятий объединения между собой для достижения большей эффективности производственного процесса сольвата в целом. При этом очевидно, что величина вклада потенциала каждого предприятия в прибыль сольватационного объединения не может превышать значения его наличного размера k и обе эти величины не отрицательны:

$$Q_{\max}, k > 0, 0 < \omega_p, \omega_k, l_k, l_p < 1. \quad (12)$$

Сумма всех долей должна быть равна 1, то есть: $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$.

Апробацию данного инструментария проведем на примере латентного сольвата в области сельскохозяйственного машиностроения, локализирующего свою деятельность на юге России. Целесообразность создания анализируемого сольвата на базе ведущего инновационного предприятия Ростовской области – ГК «Ростсельмаш» («ядро» сольвата), а также конфигурация архитектуры данного сольватационного объединения была ранее обоснована в работе авторов статьи [Матвеева и др., 2022].

Рассматриваемый инновационный сольват, функционирующий на платформе циркулярности и цифровизации, является активным участником формирования импортозамещающего контура в промышленности своего региона и российской экономики в целом, широко экспортируя свою продукцию, что повышает его значимость в качестве объекта апробации инструментария.

Данные для проведения расчетов являются условно-фактическими, что представляется корректным с точки зрения возможности верификации предложенного модельного инструментария.

Проведем оценку эффективности взаимозаменяемости ресурсов участников в рамках данного сольватационного объединения промышленных предприятий, обозначив их как: Π_1, Π_2, Π_3 , где Π_1 – ООО «Ростовский литейный завод», Π_2 – ООО «Ростовский Прессов-Раскройный Завод», Π_3 – ООО «ПКФ Феррум».

Эти предприятия взаимодействуют с «ядром» данного инновационного промышленного сольвата в рамках единой технологической цепи выпуска продукции, осуществляя обеспечение производственной деятельности ГК «Ростсель-

маш» необходимыми ресурсами и выполняя другие обслуживающие функции.

Проанализируем потенциал каждого участника данного сольвата на основе их финансовой отчетности в период 2020–2022 годов (табл. 1).

Согласно данным, приведенным в таблице 1 (величины n_{ij} – субпотенциалы потенциала предприятия П1), можно сделать вывод о снижении экономического потенциала предприятия ООО «Ростовский литейный завод» за последние два года. Если рассматривать данную динамику с точки зрения субпотенциалов, ключевым показателем, влияющим на тестируемый спад, является размер инвестиционного показателя.

По аналогии с предприятием П₁ рассмотрим динамику экономического потенциала предприятий П₂ и П₃ (рис. 3, 4).

Как видно из рисунков 3, 4 и таблицы 1, на всех предприятиях данного сольватационного объединения наблюдается частичное снижение эффективности функционирования их потенциалов. Но если рассматривать данную динамику в контексте субпотенциалов этих предприятий, то отмеченное снижение связано с уменьшением их инвестиционной активности (см. табл. 3), что, по мнению авторов, объяснимо глобальными внешними турбулентностями и нестабильной макроэкономической ситуацией в стране.

Таблица 1

Потенциал ООО «Ростовский литейный завод» с 2020 по 2022 г.

Показатель	2020 г.	2021 г.	2022 г.
n_{11}	1,18	0,85	1
n_{12}	0,98	1,05	0,97
n_{13}	1,27	0,96	0,82
Экономический потенциал П1	1,13	0,95	0,93

Примечание. Рассчитано авторами с использованием данных: [Финансовая отчетность ООО «Ростовский литейный завод», 2023].



Рис. 3. Динамика экономического потенциала P₂ за период 2020–2022 гг.

Примечание. Рассчитано авторами по: [Финансовая отчетность ООО «Ростовский Прессов-Раскройный Завод», 2023].

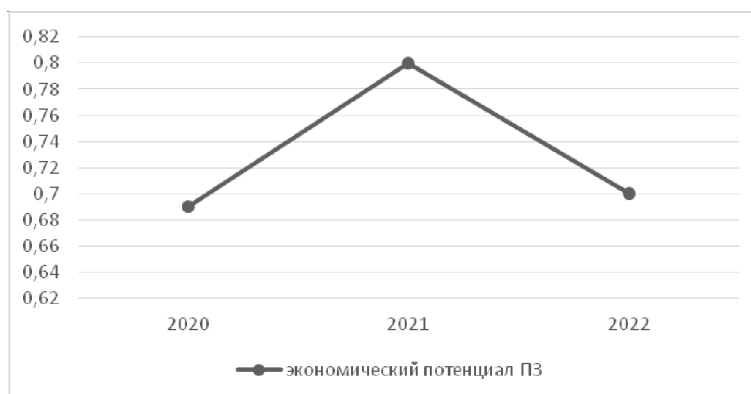


Рис. 4. Динамика экономического потенциала P₃ за период 2020–2022 гг.

Примечание. Рассчитано авторами по: [Финансовая отчетность ООО «Феррум», 2023].

В процессе своего функционирования сольват сохраняет устойчивый уровень прибыли за счет, во-первых, целевого перераспределения ресурсов между предприятиями Π_1, Π_2, Π_3 ; во-вторых, присущей таким объединениям возможности устанавливать внутренние цены для участников, которые априори ниже рыночных (по определению), поскольку передача ресурсов / продукции между «своими» предприятиями неэффективна по ценам рынка. Иными словами, между участниками сольвата возможно варьирование цен (что позволяет рассчитывать различные сценарии движения продукции / ресурсов), но на внешний рынок продукция выходит по фиксированной цене, позволяя тем самым поддерживать объединению стабильное финансовое положение.

Для апробации инструментария будем использовать оптимизационную модель с критерием максимизации прибыли, исключив из перечня выпускаемой продукции объединения ту ее часть, которая не производится предприятиями, входящими в его состав [Лапицкая, Можей, 2018] (табл. 2).

В таблице 3 приведены ресурсы, используемые в объеме R_1 для производства продукции, перечисленной в таблице 2.

В случае, когда участники сольвата могут обмениваться не только готовой продукцией, но и ресурсами в рамках объединения, можно смоделировать несколько различных сценариев их перераспределения с учетом доли участия каждого из них в общей прибыли сольвата.

Для проведения сравнительного анализа вначале рассчитаем прибыль каждого предприятия без объединения в сольват (вариант самостоятельного функционирования) по данным таблицы 4.

Общая прибыль объединения с учетом вклада каждого предприятия ($\Pi_1 - 2\,150\,600$; $\Pi_2 - 1\,096\,950$; $\Pi_3 - 1\,001\,250$) составит 4 248 800 рублей.

Можно рассчитать доли прибыли каждого предприятия, они будут составлять соответственно: $\omega_{\Pi 1} = 0,5$; $\omega_{\Pi 2} = 0,3$; $\omega_{\Pi 3} = 0,2$ в общем объеме прибыли сольвата. Таким образом, долевое распределение и потенциал каждого участника сопоставимы между собой.

Таблица 2

Перечень производимой продукции предприятиями сольвата

$X_{1,1}$	Шкивы
$X_{1,2}$	Корпуса редукторов
$X_{2,1}$	Кляммеры
$X_{2,2}$	Изготовление деталей под запросы заказчика
$X_{3,1}$	Поковки для железнодорожного транспорта
$X_{3,2}$	Поковки для сельхозмашиностроения

Примечание. Таблицы 2–7 составлены авторами.

Таблица 3

Затраты ресурсов для производства единицы продукции (усл. ед.)

Продукция	R_1	R_2
$X_{1,1}$	8	300
$X_{1,2}$	11	350
$X_{2,1}$	6	250
$X_{2,2}$	5	380
$X_{3,1}$	8	500
$X_{3,2}$	5	400

Таблица 4

Объемы производства и цены для предприятий сольвата

Показатель	Π_1		Π_2		Π_3	
Объем произведенной продукции каждым предприятием самостоятельно q_{ij}	5 725	5 000	3 560	2 800	7 500	4 300
Общий объем производства продукции сольвата	q_1	10 725	q_2	6 360	q_3	11 800
P	300	100	250	100	105	70
W	100	100	150	90	100	90

Сценарий 1. Учитывая возможность перераспределения ресурсов и торговли продукцией внутри сольвата по ценам, установленным участниками, можем составить таблицу 5. Здесь зафиксированы цены рынка и одновременно существует возможность обмена ресурсами предприятий внутри сольвата, предполагая, что цены на них будут ниже рыночных.

Общая прибыль сольвата за счет перераспределения ресурсов составит 4 273 370, а прибыль каждого предприятия соответственно: $\Pi_1=2\,217\,500$, $\Pi_2=1\,170\,000$ и $\Pi_3=1\,088\,500$. При таком подходе сохраняется долевое участие предприятий в прибыли сольвата.

Сценарий 2. Пусть цены на ресурсы внутри сольвата значительно ниже рыночных для предприятий с излишками ресурсов, что дает возможность перераспределения этих излишков между нуждающимися в них предприятиями. Цены на продукцию остаются прежними. При этом цена на товар у предприятия с меньшим потенциалом будет выше рыночной. Тем самым предприятие с более высоким потенциалом выступает донором ресурсов для предприятий с низкими показателями ресурсного потенциала.

Объемы производства продукции и цены на ресурсы и продукцию предприятий сольватационного объединения приведены в таблице 6.

Общая прибыль сольвата за счет перераспределения ресурсов составит 5 087 730, а прибыль каждого предприятия соответственно: $\Pi_1 = 2\,150\,600$, $\Pi_2 = 1\,275\,250$ и $\Pi_3 = 1\,661\,880$.

При таком сценарии долевое соотношение в прибыли предприятий начинает меняться, а именно: $= 0,4$; $= 0,3$; $= 0,3$, что свидетельствует о возможности поддержки предприятия, характеризующегося ресурсным дефицитом. При сохранении долевого участия прибыль каждого предприятия составит соответственно: $\Pi_1 = 2\,575\,238$, $\Pi_2 = 1\,313\,544$ и $\Pi_3 = 1\,198\,947$. Таким образом, выгода от совместной деятельности для каждого участника сохраняется, что может быть учтено в процессе принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности использования ресурсов сольвата в соответствии с принципами циркулярности.

Сценарий 3. Предположим, что может изменяться только цена на готовую продукцию. Участник сольвата с относительно более высоким ресурсным потенциалом устанавливает цены на свою продукцию ниже рыночных, а остальные – выше (см. табл. 7). При этом сохраняется долевое участие предприятий в прибыли сольвата: $= 0,5$; $= 0,3$; $= 0,2$.

Общая прибыль сольвата при таком сценарии составит 4 628 300, а прибыль каждого предприятия соответственно: $\Pi_1 = 2\,342\,690,167$, $\Pi_2 = 1\,194\,929$ и $\Pi_3 = 1\,090\,681$. Следовательно, поддержание неизменными долей предприятий в прибыли объединения позволяет сохранить относительное преимущество предприятия с более высоким потенциалом, не сокращая его прибыли и позволяя ему поддерживать остальных участников с более низким ресурсным потенциалом.

Таблица 5

Объемы производства и цены для участников сольвата

Показатель	Π_1		Π_2		Π_3	
	Объем произведенной продукции для свободного рынка q_k	3 000	2 500	2 000	1 050	3 000
Объем произведенной продукции для участника сольвата q_n	2 725	2 500	1 560	1 750	4 500	2 800
p_0	300	100	250	100	105	70
w_0	90	90	100	90	90	90

Таблица 6

Объемы производства и цены для участников сольвата

Показатель	Π_1		Π_2		Π_3	
	Объем произведенной продукции для свободного рынка q_k	3 000	2 500	2 000	1 050	3 000
Объем произведенной продукции для участника сольвата q_n	2 725	2 500	1 560	1 750	4 500	2 800
p_0	300	100	300	150	200	150
w_0	100	100	100	90	90	80

В соответствии с целями и задачами менеджмента сольватационной коллаборации в определенный временной период или для решения тех или иных организационных или производственных задач существует возможность сравнительного анализа сценариев и выбора наиболее приемлемого.

Выводы и предложения

Таким образом, как показывают результаты апробации предложенного инструментария на примере промышленного сольвата Ростовской области, он является достаточно простым в применении и одновременно эффективным с точки зрения имитации различных сценариев перераспределения и взаимозамещения ресурсного потенциала участников сольватационного объединения. Это свидетельствует о возможности его практического использования в качестве действенного инструментария поддержки принятия управленческих решений по повышению рациональности распределения ресурсов предприятий сольвата в контексте локальных и глобальных целей.

В развитие данного инструментария возможно, во-первых, рассматривать имитацию не только с использованием функции максимизации прибыли, но также учитывать в качестве цели более эффективной реализации ресурсов участников выход на новые рынки; во-вторых, возможен учет в качестве приоритетного субпотенциала инвестиционной привлекательности предприятий, что позволит, помимо максимизации прибыли, рассматривать ликвидность, эффективность использования активов, собственный капитал и др.; в-третьих, в качестве усложнения модели возможно проведение имитации сценариев за счет вариаций отдельных составляющих (субпотенциалов) потенциалов предприятий сольвата, а не только их совокупных величин. Расширение имитации возможно также через введение ограничений на объемы продукции, производимой предприятиями на внутренний рынок сольвата, и снижения выпускаемой на внешние рынки.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-00050, <https://rscf.ru/project/22-28-00050/> в Южном Федеральном университете.

The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation № 22-28-00050, <https://rscf.ru/project/22-28-00050> at Southern Federal University.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Батова Н., 2020. Циркулярная экономика: концептуальные подходы и инструменты их реализации : монография для специалистов органов государственного управления, бизнеса и заинтересованной общественности / под ред. С. Дорожко, А. Шушкевича. Минск : Медисонт. 212 с.
- Голощапова Л. В., 2013. Учет экономического потенциала в системе стратегического управления промышленным предприятием // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление. № 1 (12), С. 32–34.
- Кельчевская Н. Р., Пельмская И. С., Андреева Е. В., 2021. Развитие ресурсного потенциала регионального агропромышленного комплекса. М. : Креативная экономика. 128 с. DOI: 10.18334/9785912923975
- Лапицкая Н. В., Можей Н. П., 2018. Линейная оптимизация и ее приложения : учеб.-метод. пособие. Минск : БГУИР. 179 с.
- Лунев И. Л., 2004. Методология управления потенциалом корпорации: концепция, модели, инструменты : монография. Ростов н/Д : СКНЦ ВШ. 304 с.
- Матвеева Л. Г., Овсянникова Т. А., Каплюк Е. В., Лихацкая Е. А., 2022. Экономико-математический инструментарий оценки целесообразности создания промышленных инновационных сольватов // Новые технологии. Т. 18, № 3. С. 152–161. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-152-161
- Никитаева А. Ю., 2022. Цифровая поддержка различных этапов создания стоимости в циркулярных бизнес-моделях // Российские регионы в фокусе перемен : сб. докл. XVI Междунар. конф., г. Екатеринбург, 18–20 нояб. 2021 г. Екатеринбург : Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. С. 151–154.

Таблица 7

Объемы производства и цены для участников сольвата

Показатель	П ₁		П ₂		П ₃	
Объем произведенной продукции для свободного рынка q_k	3 000	2 500	2 000	1 050	3 000	1 500
Объем произведенной продукции для участника сольвата q_n	2 725	2 500	1 560	1 750	4 500	2 800
p_0	200	90	300	150	200	100
w_0	100	100	150	90	100	90

- Печинина А. А., 2021. Принципы и подходы циркулярной экономики // Система управления экологической безопасностью : сб. тр. XV Междунар. науч.-практ. конф., г. Екатеринбург, 20–21 мая 2021 г. Екатеринбург : Урал. федер. ун-т. С. 36–43.
- Пудовкина О. Е., 2019. Теоретический взгляд на цифровизацию промышленности // E-Scio. № 11 (38). С. 253–256.
- Финансовая отчетность ООО «Феррум», 2023 // Официальный сайт ИА РБК – РБК Компании, 2023. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1176196006029-ooo-ferrum/#finance>
- Финансовая отчетность ООО «Ростовский Прессов-Раскройный Завод», 2023 // Официальный сайт ИА РБК – РБК Компании. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1056166046133-ooo-rostovskij-pressovo-raskrojnyj-zavod/>
- Финансовая отчетность ООО «Ростовский литейный завод», 2023 // Официальный сайт ИА РБК – РБК Компании. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1036166009197-ooo-rostovskij-litejnyj-zavod/#finance>
- Aloini D., Dulmin R., Mininno V., Stefanini A., Zerbino P., 2020. Driving the Transition to a Circular Economic Model: A Systematic Review on Drivers and Critical Success Factors in Circular Economy // Sustainability. Vol. 12, art. 10672. DOI: 10.3390/su122410672
- Vacovis M. M. C., Borchardt M., 2021. Assessing the Influence of Circular Economy Practices in Companies that Orchestrate an Ecosystem of a Brazilian Industrial Cluster // Industrial Engineering and Operations Management. Vol. 367. P. 13–31. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78570-3_2
- Chang S., Frauke U., 2021. Circular Economy for Clean Energy Transitions: A New Opportunity Under the COVID-19 Pandemic // Applied Energy. Vol. 289 (7565), art. 116666. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116666
- Dantas T. E. T., de-Souza E. D., Destro I. R., Hammes G., Rodriguez C. M. T., Soares S. R., 2021. How the Combination of Circular Economy and Industry 4.0 Can Contribute Towards Achieving the Sustainable Development Goals Sustain // Sustainable Production and Consumption. № 26. P. 213–227. DOI: 10.1016/j.spc.2020.10.005
- Ferasso M., Beliaeva T., Kraus S., Clauss T., Ribeiro-Soriano D., 2020. Circular Economy Business Models: The State of Research and Avenues Ahead // Business Strategy and the Environment. Vol. 29. P. 3006–3024. DOI: 10.1002/bse.2554
- Mendoza F., Manuel J., Schmid G., Alejandro V., Anne J., Paul I., 2022. Circular Economy Business Models and Technology Management Strategies in the Wind Industry: Sustainability Potential, Industrial Challenges and Opportunities // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 163, art. 112523. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112523
- Matveeva L. G., Kaplyuk E. V., Likhatskaia E. A., Nizov N. V., 2023. Innovative Solutions of Regional Industries in the Context of the Circular Economy // R-economy. Vol. 9, № 1. P. 105–118. DOI: 10.15826/recon.2023.9.1.007
- Mutezo G., Mulopo J., 2021. A Review of Africa's Transition from Fossil Fuels to Renewable Energy Using Circular Economy Principles // Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 137, art. 110609. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110609
- Pieroni M. P. P., McAloone T. C., Pigosso D. C. A., 2020. From Theory to Practice: Systematising and Testing Business Model Archetypes for Circular Economy // Resources, Conservation and Recycling. Vol. 162, art. 105029. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105029
- Silva F. C., YtoshiShibao F., Kruglianskas I., Barbieri J. C., Antonio P., Sinisgalli A., 2019. Circular Economy: Analysis of the Implementation of Practices in the Brazilian Network // Revista de Gestao. Vol. 26. P. 39–60. DOI: 26.10.1108/REG-03-2018-0044
- Stefanakis A., Nikolaou I., 2021. Circular Economy and Sustainability // Management and Policy. Vol. 1. P. 674. DOI: 10.1016/C2019-0-00505-5
- Stevovic I., Dragoljub M., Petrovic N., 2021. Integration of Solar Energy by Nature-Inspired Optimization in the Context of Circular Economy // Energy. Vol. 235, art. 121297. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121297
- Tseng M.-L., Tamirat Y., Csigen Nagypal N., Iranmanesh M., Tan R., 2021. A Causal Eco-Industrial Park Hierarchical Transition Model with Qualitative Information: Policy and Regulatory Framework Leads to Collaboration Among Firms // Journal of Environmental Management. Vol. 292, art. 112735. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112735

REFERENCES

- Batova N., 2020. *Cirkulyarnaya ekonomika: konceptualnye podhody i instrumenty ih realizacii: monografiya dlya specialistov organov gosupravleniya, biznesa i zainteresovannoj obshchestvennosti* [Circular Economy: Conceptual Approaches and Tools for Their Implementation. Monograph for Specialists of Public Administration, Business and Interested Public]. Minsk, Medisont Publ. 212 p.
- Goloshchapova L.V., 2013. Uchet ekonomicheskogo potenciala v sisteme strategicheskogo upravleniya promyshlennym predpriyatiem [The Accounting of Economic Potential in System of Strategic Management of the Industrial Enterprise]. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Science Vector of Togliatti State University. Series: Economics and Management], no. 1 (12), pp. 32–34.
- Kelchevskaya N.R., Pelymskaya I.S., Andreeva E.V., 2021. *Razvitie resursnogo potenciala regionalnogo agropromyshlennogo kompleksa* [Development of the Resource Potential of the Regional Agro-

- Industrial Complex]. Moscow, Creativnaya economyka Publ. 128 p. DOI: 10.18334/9785912923975
- Lapickaya N.V., Mozhej N.P., 2018. *Linejnaya optimizaciya i ee prilozheniya: ucheb.-metod. posobie* [Linear Optimization and Its Applications. Textbook]. Minsk, BGUIR. 179 p.
- Lunev I.L., 2004. *Metodologiya upravleniya potencialom korporacii: koncepciya, modeli, instrumenty: monografiya* [Methodology of Corporate Potential Management: Concept, Models, and Tools. Monograph]. Rostov-on-Don, SKNTs VSh. 304 p.
- Matveeva L.G., Ovsyannikova T.A., Kaplyuk E.V., Lihackaya E.A., 2022. Ekonomiko-matematicheskij instrumentarij ocenki celesoobraznosti sozdaniya promyshlennyh innovacionnyh solvatov [Economic and Mathematical Tools for Assessing the Feasibility of Creating Industrial Innovative Solvates]. *Novye tekhnologii* [New Technologies], vol. 18, no. 3, pp. 152-161. DOI: 10.47370/2072-0920-2022-18-3-152-161
- Nikitaeva A. Yu., 2022. Cifrovaya podderzhka razlichnyh etapov sozdaniya stoimosti v cirkulyarnyh biznes modelyah [Digital Support for Various Stages of Value Creation in Circular Business Models]. *Rossijskie regiony v fokuse peremen: sb. dokl. XVI Mezhdunar. konf., g. Ekaterinburg, 18–20 noyab. 2021 g.* [Russian Regions in the Focus of Change. Proceedings of the 16th International Conference, Yekaterinburg, November 18–20, 2021]. Yekaterinburg, Ural. feder. un-t im. pervogo Prezidenta Rossii B.N. Eltsina, pp. 151-154.
- Pechinina A.A., 2021. Principy i podhody cirkulyarnoj ekonomiki [Principles and Approaches of Circular Economy]. *Sistema upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu: sb. tr. XV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Ekaterinburg, 20–21 maya 2021 g.* [Environmental Safety Management System. Proceedings of the 15th International Scientific and Practical Conference, Yekaterinburg, May 20–21, 2021]. Yekaterinburg, Ural feder. un-t, pp. 36-43.
- Pudovkina O.E., 2019. Teoreticheskij vzglyad na cifrovizaciyu promyshlennosti [Theoretical View on the Digitalization of Industry]. *E-Scio*, no. 11 (38), pp. 253-256.
- Finansovaya otchetnost OOO «Ferrum» [Financial Statements of OOO Ferrum (LLC)], 2023. *Ofitsialnyy sayt IA RBK – RBK Kompanii* [Official Website of the IA RBC – RBC Companies]. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1176196006029-ooo-ferrum/#finance>
- Finansovaya otchetnost OOO «Rostovskiy Pressov-Raskroynny Zavod» [Financial Statements of LLC “Rostov Press-Cutting Plant”], 2023. *Ofitsialnyy sayt IA RBK – RBK Kompanii* [Official Website of IA RBC – RBC Companies]. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1056166046133-ooo-rostovskij-pressovo-raskrojnyij-zavod/>
- Finansovaya otchetnost OOO «Rostovskiy liteynny zavod» [Financial Statements of OOO “Rostov Foundry”], 2023. *Ofitsialnyy sayt IA RBK – RBK Kompanii* [Official Website of IA RBC – RBC Companies]. URL: <https://companies.rbc.ru/id/1036166009197-ooo-rostovskij-litejnyij-zavod/#finance>
- Aloini D., Dulmin R., Mininno V., Stefanini A., Zerbino P., 2020. Driving the Transition to a Circular Economic Model: A Systematic Review on Drivers and Critical Success Factors in Circular Economy. *Sustainability*, vol. 12, art. 10672. DOI: 10.3390/sul22410672
- Bacovis M.M.C., Borchardt M., 2021. Assessing the Influence of Circular Economy Practices in Companies that Orchestrate an Ecosystem of a Brazilian Industrial Cluster. *Industrial Engineering and Operations Management*, vol. 367, pp. 13-31. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-78570-3_2
- Chang S., Frauke U., 2021. Circular Economy for Clean Energy Transitions: A New Opportunity Under the COVID-19 Pandemic. *Applied Energy*, vol. 289 (7565), art. 116666. DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.116666
- Dantas T.E.T., de-Souza E.D., Destro I.R., Hammes G., Rodriguez C.M.T., Soares S.R., 2021. How the Combination of Circular Economy and Industry 4.0 Can Contribute Towards Achieving the Sustainable Development Goals Sustain. *Sustainable Production and Consumption*, no. 26, pp. 213-227. DOI: 10.1016/j.spc.2020.10.005
- Ferasso M., Beliaeva T., Kraus S., Clauss T., Ribeiro-Soriano D., 2020. Circular Economy Business Models: The State of Research and Avenues Ahead. *Business Strategy and the Environment*, vol. 29, pp. 3006-3024. DOI: 10.1002/bse.2554
- Mendoza F., Manuel J., Schmid G., Alejandro V., Anne J., Paul I., 2022. Circular Economy Business Models and Technology Management Strategies in the Wind Industry: Sustainability Potential, Industrial Challenges and Opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 163, art. 112523. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112523
- Matveeva L.G., Kaplyuk E.V., Likhatskaia E.A., Nizov N.V., 2023. Innovative Solvations of Regional Industries in the Context of the Circular Economy. *R-economy*, vol. 9, no. 1, pp. 105-118. DOI: 10.15826/recon.2023.9.1.007
- Mutezo G., Mulopo J., 2021. A Review of Africa’s Transition from Fossil Fuels to Renewable Energy Using Circular Economy Principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 137, art. 110609. DOI: 10.1016/j.rser.2020.110609
- Pieron M.P.P., McAloone T.C., Pigosso D.C.A., 2020. From Theory to Practice: Systematising and Testing Business Model Archetypes for Circular Economy. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 162, art. 105029. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.105029

Silva F.C., YtoshiShibao F., Kruglianskas I., Barbieri J.C., Antonio P., Sinisgalli A., 2019. Circular Economy: Analysis of the Implementation of Practices in the Brazilian Network. *Revista de Gestao*, vol. 26, pp. 39-60. DOI: 26.10.1108/REG-03-2018-0044

Stefanakis A., Nikolaou I., 2021. Circular Economy and Sustainability. *Management and Policy*, vol. 1, p. 674. DOI: 10.1016/C2019-0-00505-5

Stevovic I., Dragoljub M., Petrovic N., 2021. Integration of Solar Energy by Nature-Inspired

Optimization in the Context of Circular Economy. *Energy*, vol. 235, art. 121297. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121297

Tseng M.-L., Tamirat Y., CsigenéNagypal N., Iranmanesh M., Tan R., 2021. A Causal Eco-Industrial Park Hierarchical Transition Model with Qualitative Information: Policy and Regulatory Framework Leads to Collaboration Among Firms. *Journal of Environmental Management*, vol. 292, art. 112735. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112735

Information About the Authors

Lyudmila G. Matveeva, Doctor of Sciences (Economics), Professor, Department of Information Economics, Southern Federal University, M. Gorkogo St, 88, 344002 Rostov-on-Don, Russian Federation, lmatveeva@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7156-5856>

Ekaterina A. Likhatskaya, Senior Lecturer, Department of Economic Cybernetics, Southern Federal University, M. Gorkogo St, 88, 344002 Rostov-on-Don, Russian Federation, lihatskaya.ea@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5982-8983>

Информация об авторах

Людмила Григорьевна Матвеева, доктор экономических наук, профессор кафедры информационной экономики, Южный федеральный университет, ул. М. Горького, 88, 344002 г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, lmatveeva@sfnu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7156-5856>

Екатерина Александровна Лихацкая, старший преподаватель кафедры экономической кибернетики, Южный федеральный университет, ул. М. Горького, 88, 344002 г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, lihatskaya.ea@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5982-8983>