

DOI: 10.36622/VSTU.2022.54.72.002

УДК 338.1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РИСКОВ УЯЗВИМОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ

О.В. Дударева

Воронежский государственный технический университет
Россия, Воронеж, 394006, ул. 20-летия Октября, д. 84

Введение. Концепция устойчивости очень активно применяется в научном обороте, обозначая способность групп или сообществ справляться с внешними вызовами в результате экологических, социальных и управленческих изменений (влияния ESG-факторов). Новизной представленного исследования является более широкий взгляд на оценку рисков и развитие промышленных экосистем, в рамках которого речь идет о необходимости управления не просто устойчивым развитием, а именно о снижении уязвимости экосистем в целях достижения экоэффективности. Если устойчивость связана с преодолением последствий, то уязвимость должна быть сосредоточена непосредственно на риске. В статье показано, что уязвимость – величина противоположная робастности, устойчивости (способности к восстановлению) и адаптивности. Проанализированы существующие подходы к оценке уязвимости сложных систем. Предложен методологический подход к оценке уязвимости промышленной экосистемы, в рамках которого выделены четыре проекции (физическая, экономическая, функциональная, цифровая). Саму уязвимость предложено оценивать как условную вероятность потери устойчивости промышленной экосистемой под влиянием возмущающего воздействия.

Данные и методы. Основными методами исследования являются общенаучные методы (методы синтеза; обобщения; контент-анализа; графической интерпретации), а также экономико-статистические методы анализа.

Полученные результаты. В статье освещены ключевые методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости. Показано, что, если устойчивость связана с преодолением последствий, то уязвимость должна быть сосредоточена непосредственно на риске.

Заключение. Представленные разработки позволяют сформировать ряд рекомендаций по управлению устойчивым развитием и оценке уязвимости промышленной экосистемы.

Ключевые слова: устойчивость, уязвимость, промышленная экосистема, оценка уязвимости, снижение уязвимости, управление уязвимостью, устойчивое развитие.

Для цитирования:

Дударева О.В. Методологические аспекты оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения устойчивости / О.В. Дударева // Организатор производства. 2022. Т.30. № 1. С. 18-23. DOI: 10.36622/VSTU.2022.54.72.002

Сведения об авторах:

Дударева Ольга Владимировна (dudarevaov@mail.ru), канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности ФГБОУ ВО «ВГТУ»

On authors:

Olga V. Dudareva (dudarevaov@mail.ru), Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Security of VSTU

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ASSESSING THE RISKS OF VULNERABILITY OF INDUSTRIAL ECOSYSTEMS IN ORDER TO INCREASE SUSTAINABILITY

O.V. Dudareva

Voronezh State Technical University
Russia, Voronezh, 394006, 20-letiya Oktyabrya str., 84

Introduction. The concept of sustainability is very actively used in scientific circulation, denoting the ability of groups or communities to cope with external challenges as a result of environmental, social and managerial changes (the influence of ESG factors). The novelty of the presented study is a broader view of risk assessment and the development of industrial ecosystems, in which we are talking about the need to manage not just sustainable development, but specifically to reduce the vulnerability of ecosystems in order to achieve eco-efficiency. If resilience is about coping with consequences, then vulnerability should be focused directly on risk. The article shows that vulnerability is the opposite of robustness, resilience (ability to recover) and adaptability. The existing approaches to assessing the vulnerability of complex systems are analyzed. A methodological approach to assessing the vulnerability of the industrial ecosystem is proposed, within which four projections (physical, economic, functional, digital) are identified. The vulnerability itself is proposed to be assessed as a conditional probability of loss of stability of the industrial ecosystem under the influence of disturbing effects.

Data and methods. The main research methods are general scientific methods (methods of synthesis; generalization; content analysis; graphical interpretation), as well as economic and statistical methods of analysis.

The results obtained. The article highlights the key methodological aspects of assessing the risks of vulnerability of industrial ecosystems in order to increase sustainability. It is shown that if resilience is associated with overcoming consequences, then vulnerability should be focused directly on risk.

Conclusion. The presented developments allow us to form a number of recommendations for managing sustainable development and assessing the vulnerability of the industrial ecosystem.

Keywords: sustainability, vulnerability, industrial ecosystem, vulnerability assessment, vulnerability reduction, vulnerability management, sustainable development.

For citation:

Dudareva O.V. Methodological aspects of risk assessment of vulnerability of industrial ecosystems in order to increase sustainability / O.V. Dudareva // Organizer of production. 2022. Vol. 30. No. 1. P. 18-23. DOI: 10.36622/VSTU.2022.54.72.002

Введение

Концепция уязвимости зародилась в исследованиях, посвященных стихийным бедствиям в 1960-х годах прошлого столетия. Как новый инструмент анализа в области науки об устойчивости, исследование уязвимости было применено в управлении стихийными бедствиями, экологии, экономике и др. Доминирующими естественно-научными областями применения концепции уязвимости всегда являлись климатические изменения и стихийные бедствия. В последние годы, когда основной исследовательский интерес мирового сообщества сконцентрирован на вопросах устойчивого развития [1], реакциях и адаптации человеческого общества к глобальным изменениям [2], работы в области уязвимости человеческих [3; 4], социально-экономических [5], транспортных [6; 7], информационных [8],

промышленных [9; 10] и биологических [11; 12] экосистем стали новой тенденцией.

Актуальность рассматриваемой проблематики оценки рисков уязвимости промышленных экосистем в целях повышения их устойчивости объясняется также необходимостью достижения национальной безопасности в условиях глобального цифрового взаимодействия и изменения структуры экономических процессов.

Объектом исследования выступает промышленная экосистема, под которой автор понимает сложносоставную и сложноеlementную систему активных и пассивных субъектов (промышленных интегрированных структур, предприятий, кластеров, сетей, платформ), целью которых является «создание на основе принципа эмерджентности промышленной продукции и/или услуг» [13].

Промышленные экосистемы повышают экологическую эффективность на уровне системы за счет оптимизации материальных и энергетических потоков, что, однако, вызывает беспокойство в отношении устойчивости системы, поскольку эффективность, в традиционном понимании, не обязательно способствует устойчивости [14].

Целью исследования является переосмысление концепции устойчивого развития промышленных экосистем, в результате чего постулируется необходимость достижения Целей устойчивого развития на основе управления не просто рисками и их последствиями, а именно снижением уязвимости экосистем в целях достижения экологической, социальной и экосистемной эффективности.

Понятие уязвимости промышленной экосистемы

Опираясь на концепцию устойчивости экологических систем и цепочек поставок, уязвимость промышленных экосистем определяется на основе способности системы поддерживать экоэффективные материальные и энергетические потоки в условиях сбоев [14].

Другими словами, уязвимость – это восприимчивость экосистемы к воздействию различных возмущающих событий, например, угроз, больших вызовов, катастроф и т.д.

Снижение уязвимости промышленной экосистемы можно рассматривать и как комбинацию отличительных экосистемных свойств, являющихся противоположными повышению устойчивости, жизнеспособности, гибкости, стабильности. Отличительные характеристики снижения уязвимости экосистемы соответствуют набору характеристик снижения чувствительности промышленной экосистемы.

С точки зрения исследований в различных областях, естественные науки считают, что возмущение, наложенное на систему, степень воздействия и чувствительность системы к возмущению являются определяющими факторами уязвимости системы. Однако гуманитарные науки рассматривают уязвимость человеческой системы как внутреннее свойство, исходящее из внутренней сущности системы. Они фокусируются на обсуждении системных, экономических и культурных факторов, которые приводят к тому, что человеческое общество легко повреждается. Исследования уязвимости сложных экосистем объясняют взаимодействие между природой, обществом и экономическими системами [15].

Несомненно, уязвимость является комплексным, междисциплинарным понятием, рассматривать, измерять и оценивать которое

можно через многовариантный набор различных проекций. Так, Махутов Н.А. и Резников Д.О. [16] выделяют четыре исследовательские проекции, позволяющие идентифицировать, измерить и оценить уровень уязвимости технической системы: физическую, организационную, технологическую и функциональную. Ванг Д. и др. [15] выделяют четыре проекции оценки уязвимости промышленной экосистемы и классифицируют их следующим образом:

- риск экономических колебаний X1;
- чувствительность живой системы X2;
- устойчивость системы жизнеобеспечения X3;
- стабильность системы жизнеобеспечения X4.

Исследование существующих моделей оценки уязвимости

Несмотря на разнообразие подходов к измерению уязвимости, можно выделить несколько лучших практик в оценке уязвимости. Большая часть исследованной автором литературы придерживается некоторой вариации основной формулы (1):

$$\text{Уязвимость} = \text{риск} + \text{реакция}, \quad (1)$$

или, как сформулировано в руководстве Хольцмана и др. [17]:

$$\text{Уязвимость} = \frac{\text{Базовый уровень}}{\text{Опасность}} + \text{Реакция}. \quad (2)$$

В развитие формул (1) и (2) стоит отметить, что для того, чтобы лучше проводить оценку уязвимости, ученые предложили множество аналитических схем уязвимости, таких как модель «риск – опасность», модель «давление – состояние – реакция», модель «экспозиция – чувствительность – адаптация» и ряд других. Что касается метода оценки, то в большинстве существующих исследований используется метод композитного индекса. Однако, основываясь на различных аналитических системах, индексы оценки уязвимости, построенные учеными, отличаются друг от друга. Например, при оценке воздействия стихийных бедствий или изменения климата на основе модели «риск – опасность» часто подчеркивается подверженность и чувствительность пострадавшего от опасности объекта к изменениям окружающей среды. Согласно моделям «давление – состояние – реакция» и «экспозиция – чувствительность – адаптация», уязвимость зависит от того, как система может реагировать на бедствия. Поэтому, по сравнению с моделью «риск – опасность»,

эти две модели в большей степени подчеркивают, что устойчивость имеет решающее значение для уязвимости к бедствиям [15].

Существующие исследования оценки уязвимости промышленных экосистем характеризуются рядом ограничений. Первая проблема связана с показателями оценки уязвимости. Существующие исследования, как правило, описывают промышленные экосистемы с разных точек зрения. Они не дают общего представления об уязвимости промышленной экосистемы, отражая множество информации об уязвимости в одном индексном показателе. Сравнение каждого показателя в отдельности не учитывает агрегирование показателей. Это может привести к тому, что разные промышленные экосистемы будут иметь разные результаты оценки, используя разную информацию о подверженности воздействию. Это может неблагоприятно сказаться на качестве самооценки уязвимости менеджментом отдельных акторов промышленной экосистемы и при разработке целевых программ. Следовательно, создание общего индекса уязвимости промышленной экосистемы является привлекательным, желательным и необходимым условием достижения эффективности. Более того, объединение показателей уязвимости промышленных экосистем в индекс — это методологически интенсивный процесс. Он включает в себя присвоение весов индикаторам и агрегирование этих индикаторов. В этом отношении стоит изучить и опробовать новые методы для случая оценки уязвимости промышленных экосистем [15].

Оценка уязвимости должна иметь прогнозную функцию, которая определяет уязвимость по отношению к социально приемлемому уровню результатов и оценивает как идиосинкразический (индивидуальный), так и ковариативный (системный) риск в дополнение к способам и средствам преодоления системы.

На взгляд автора, можно сформулировать пять ключевых вопросов, на которые должна отвечать оценка уязвимости [18]:

- Какова степень уязвимости?
- Какие именно акторы промышленной экосистемы уязвимы?
- Каковы источники уязвимости?
- Как промышленные экосистемы реагируют на возмущения?
- Какие разрывы существуют между рисками и механизмами управления рисками?

Для ответа на эти вопросы требуются многочисленные методы сбора данных и дополнительные данные, включая выявление и систематизацию ближайших причин уязвимости промышленных экосистем. Они также требуют

данных о реакции на потрясения, а также о частных и общественных реакциях на риск.

Методологический подход к оценке уязвимости промышленной экосистемы на основе выделения физической, экономической, функциональной и цифровой проекций

На основе выводов работы [16] автором предлагается уязвимость промышленной экосистемы V оценивать как вероятность выхода конечного состояния экосистемы $KСЭ^*$ за границы заданной области пространства состояний промышленной экосистемы в результате иницирующего воздействия $ИБ$ (угроз и больших вызовов):

$$V = P[(\|KСЭ^* - KСЭ^0\| > \varepsilon_0) ИБ]. \quad (3)$$

Тогда устойчивость S промышленной экосистемы можно оценить как противоположную уязвимости величину, которая в случае оценки вероятности примет вид:

$$S = 1 - V. \quad (4)$$

В качестве состояний промышленной экосистемы в рамках предлагаемого методологического подхода выбраны четыре возможные проекции: физическая, экономическая, функциональная и цифровая.

Физическая уязвимость $V_{физ}$ оценивается как условная вероятность повреждения физической инфраструктуры промышленной экосистемы путем превышения допустимой степени повреждения $ДСП$:

$$V_{физ} = P[(ДСП^* > ДСП^{max}) ИБ]. \quad (5)$$

Экономическая уязвимость $V_{экон}$ определяется как условная вероятность получения экономического ущерба путем превышения допустимой величины убытков $ВУ$:

$$V_{экон} = P[(ВУ^* > ВУ^{max}) ИБ]. \quad (6)$$

Функциональная уязвимость $V_{функц}$ определяется как условная вероятность невыполнения промышленной экосистемой заданных функциональных обязанностей путем превышения допустимой величины невыполнения функций $ВНФ$:

$$V_{функц} = P[(ВНФ^* > ВНФ^{max}) ИБ]. \quad (7)$$

Цифровая уязвимость $V_{цифр}$ определяется как условная вероятность сокращения цифровой зрелости промышленной экосистемой путем

превышения допустимой величины потери цифрового IQ промышленной экосистемой ИЦЗ:

$$V_{\text{цифр}} = P[(\text{ИЦЗ}^* > \text{ИЦЗ}^{\text{max}}) \text{ИВ}]. \quad (8)$$

Заключение

Последней ключевой особенностью оценки уязвимости является включение восприятия уязвимости сообществом в план оценки и определение уязвимости. Методы, основанные на участии, такие как партисипативная экспресс-оценка, можно отнести к передовой практики. При выборе методов необходимо учитывать несколько факторов, включая время и ресурсы, доступные для проведения исследования. Рекомендуется выбирать инструменты и показатели, оценивая их относительные уровни осуществимости, надежности и полезности в соответствии с заданным масштабом промышленной экосистемы [18].

Библиографический список

1. Sachs J. D. The age of sustainable development. – Columbia University Press, 2015.
2. Слоботчиков О. Н., Нугманова Н. Р. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости //Вестник Института мировых цивилизаций. – 2016. – №. 12. – С. 231-237.
3. Удальцова М. В., Абрамова Е. А. Риски человеческого развития в современном российском обществе как факторы его уязвимости //Вестник НГУЭУ. – 2015. – №. 2.
4. Кравченко С. А. Становящаяся сложная социальная реальность: проблемы новых уязвимостей //Социологические исследования. – 2013. – №. 5. – С. 3-12.
5. Бадина С. В. Моделирование поля плотности социально-экономического потенциала в целях оценки уязвимости территории к природным опасностям на примере Арктической зоны России, Северного Кавказа и Южной Сибири //ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – №. 1. – С. 212-221.
6. Овченков Н. И., Елисов Л. Н. Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в гражданской авиации //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – №. 204.
7. Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в //Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – №. 1. – С. 26-35.
8. Костарев С. В. и др. Многоуровневая количественная оценка уязвимости информационно-вычислительной сети. – 2016.
9. Ворожейкин В. Н. Анализ уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2014. – №. 1 (41).
10. Стрижаков Д. В., Стрижакова Е. Н. Промышленная и инвестиционная политика на муниципальном уровне: уязвимые места //Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2014. – №. 9 (483).
11. Кесорецких И. И., Зотов С. И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2012. – №. 1.
12. Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р., Суяндукоев И. В. Использование показателей гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей южного Урала и устойчивости растительных сообществ //Биологический вестник. – 2003. – Т. 7. – №. 1-2. – С. 33-35.
13. Глухов В. В., Бабкин А. В., Шкарупета Е. В., Плотников В. А. Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10. С. 752–766.
14. Zhu J., Ruth M. Exploring the resilience of industrial ecosystems //Journal of environmental management. – 2013. – Т. 122. – С. 65-75.
15. Wang D. et al. Assessing industrial ecosystem vulnerability in the coal mining area under economic fluctuations //Journal of Cleaner Production. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.
16. Махутов Н. А., Резников Д. О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска //Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – №. 3. – С. 72-85.
17. Holzmann P. et al. Household Economy Approach, the Bk: A Guide for Programme Planners and Policy-Makers. – Save the Children UK, 2008.
18. Moret W. Vulnerability assessment methodologies: A review of the literature //Washington, DC: FHI. – 2014. – Т. 360.

Поступила в редакцию – 20 декабря 2021 г.

Принята в печать – 25 декабря 2021 г.

Bibliography

1. Сакс Дж. Д. Эпоха устойчивого развития. – Издательство Колумбийского университета, 2015.
2. Слоботчиков О. Н., Нугманова Н. Р. Обеспечение устойчивого прогресса человечества: уменьшение уязвимости и формирование жизнестойкости //Вестник Института мировых цивилизаций. – 2016. – №. 12. – С. 231-237.
3. Удальцова М. В., Абрамова Е. А. Риски человеческого развития в современном российском обществе как факторы его уязвимости //Вестник НГУЭУ. – 2015. – №. 2.
4. Кравченко С. А. Становящаяся сложная социальная реальность: проблемы новых уязвимостей //Социологические исследования. – 2013. – №. 5. – С. 3-12.
5. Бадина С. В. Моделирование поля плотности социально-экономического потенциала в целях оценки уязвимости территории к природным опасностям на примере Арктической зоны России, Северного Кавказа и Южной Сибири //ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2018. – Т. 24. – №. 1. – С. 212-221.
6. Овченков Н. И., Елисов Л. Н. Оценка уязвимости объектов транспортной инфраструктуры и транспортных средств в гражданской авиации //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – №. 204.
7. Крылов П. М. Транспортная уязвимость населения России в начале XXI в //Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – №. 1. – С. 26-35.
8. Костарев С. В. и др. Многоуровневая количественная оценка уязвимости информационно-вычислительной сети. – 2016.
9. Ворожейкин В. Н. Анализ уязвимости промышленного предприятия при производстве изделий //Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2014. – №. 1 (41).
10. Стрижаков Д. В., Стрижакова Е. Н. Промышленная и инвестиционная политика на муниципальном уровне: уязвимые места //Всероссийский экономический журнал ЭКО. – 2014. – №. 9 (483).
11. Кесорецких И. И., Зотов С. И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям //Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2012. – №. 1.
12. Ишмуратова М. М., Ишбирдин А. Р., Суяндукоев И. В. Использование показателей гемеробии для оценки уязвимости некоторых видов орхидей южного Урала и устойчивости растительных сообществ //Биологический вестник. – 2003. – Т. 7. – №. 1-2. – С. 33-35.
13. Глухов В. В., Бабкин А. В., Шкару-пета Е. В., Плотников В. А. Стратегическое управление промышленными экосистемами на основе платформенной концепции // Экономика и управление. 2021. Т. 27. № 10. С. 752–766.
14. Чжу Дж., Рут М. Изучение устойчивости промышленных экосистем // Журнал экологического менеджмента. – 2013. – Т. 122. – С. 65-75.
15. Ван Д. и др. Оценка уязвимости промышленных экосистем в районе добычи угля в условиях экономических колебаний //Журнал чистого производства. – 2017. – Т. 142. – С. 4019-4031.
16. Махутов Н. А., Резников Д. О. Оценка уязвимости технических систем и ее место в процедуре анализа риска //Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5. – №. 3. – С. 72-85.
17. Хольцман П. и др. Подход к экономике домашних хозяйств, Вк: Руководство для разработчиков программ и директивных органов. – Спасите детей, Великобритания, 2008.
18. Море У. Методологии оценки уязвимости: обзор литературы // Вашингтон, округ Колумбия: ФНИ. – 2014. – С. 360.

Received – 20 December 2021

Accepted for publication – 25 December 2021