

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Халиуллина Д.Н., Быстров В.В. Концептуальные аспекты исследования жизнеспособности региональных социально-экономических систем // Human Progress. 2023. Том 9, Вып. 5. С. 10. URL: [http://progress-human.com/images/2023/Tom9\\_5/Khaliullina.pdf](http://progress-human.com/images/2023/Tom9_5/Khaliullina.pdf). DOI 10.34709/IM.195.10. EDN RARLIY.

УДК 332.01:004.94

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ



**Халиуллина Дарья Николаевна**

кандидат технических наук, научный сотрудник  
Институт информатики и математического моделирования  
им. В.А.Путилова - обособленное подразделение  
ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук»

khaliullina@iimm.ru  
24А, Ферсмана  
г. Апатиты, 184209, Россия  
+7 (815-55) 7-40-50



**Быстров Виталий Викторович**

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
Институт информатики и математического моделирования  
им. В.А.Путилова - обособленное подразделение  
ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук»

bystrov@iimm.ru  
24А, Ферсмана,  
г. Апатиты, 184209, Россия  
+7 (815-55) 7-40-50

**Аннотация.** Работа посвящена теоретическим вопросам исследования региональных социально-экономических систем с позиции концепции жизнеспособности (resilience). Авторы предпринимают попытку систематизировать актуальное состояние изучения жизнеспособности сложных систем и критических инфраструктур. Рассматривается многообразие терминов, связанных с понятием «жизнеспособность систем», сделан вывод о наличии дублирования терминов. На основе анализа стадий (фаз, этапов) жизненного цикла предложено описание структуры и каждого из основных этапов жизненного цикла жизнеспособности системы. Приводится классификация видов жизнеспособности, полученная в ходе анализа открытых источников информации (около 150 научных публикаций и отчетной документации по научно-исследовательским проектам), что позволило обосновать отсутствие единого универсального методологического фундамента для изучения жизнеспособности с общесистемной по-

зиции. Рассматриваются методологии изучения жизнеспособности технических (природно-промышленных) и социально-экономических систем, сделан вывод о разнообразии применяемых методологических средств для исследования жизнеспособности сложных систем. Развивая идею, что жизнеспособность социально-экономической системы нужно рассматривать в соответствии с ее масштабом, авторами в ходе анализа систематизированы выявленные определения жизнеспособности региональных социально-экономических систем по их масштабу. Авторами сформулировано определение жизнеспособности региональной социально-экономической системы класса «Бизнес-Сообщество-Власть».

**Ключевые слова:** жизнеспособность; жизненный цикл; региональные социально-экономические системы; региональное управление; стадии жизнеспособности системы.

**JEL коды:** R13.

## Введение

Социально-экономические системы (СЭС) как объект исследования давно интересуют ученых со всего мира. Углубленное понимание механизмов функционирования таких систем позволит более точно прогнозировать их поведение и развитие и более эффективно управлять ими. В настоящее время существует большое разнообразие научно-исследовательских работ, посвященных изучению отдельных аспектов социально-экономических систем разных типов с помощью различных методологических инструментов и средств.

Многие десятилетия одним из направлений исследований СЭС, широко распространенным за рубежом и в России, являлась концепция устойчивого развития. В наиболее общем виде понятие «устойчивое развитие» (УР) было впервые определено в докладе Международной комиссии по окружающей среде и развитию под названием «Our Common Future» в 1987 году. Согласно данному определению, устойчивое развитие представляет собой «развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять собственные потребности» [1].

С точки зрения концепции устойчивого развития, устойчивость понимается как «способность системы сохранять текущее состояние при наличии внешних воздействий» [2, с. 1]. Одной из трактовок понятия устойчивости применительно к социально-экономическим системам является «способность системы функционировать в состояниях, близких к равновесному, в условиях постоянных внешних и внутренних возмущающих воздействий» [3].

Альтернативным взглядом на изучение и управление процессом развития сложных динамических систем является концепция жизнеспособности. В качестве исходной точки развития данной концепции можно считать 1973 г., когда для экологических систем К. Холлинг

ввел новый термин «жизнеспособность» (resilience). Данное понятие определяло прочность и устойчивость связей внутри системы и являлось характеристикой (оценкой) способности системы переносить изменения каких-либо вариативных или статичных параметров и при этом существовать [4]. Отличие определения жизнеспособности от определения устойчивости, состоит в том, что мера жизнеспособности может быть разной в одной и той же системе в зависимости от направления возмущения [5, с. 4].

Целью статьи является развитие теоретических аспектов изучения жизнеспособности сложных систем и критических инфраструктур.

## 1. Понятие жизнеспособности системы

Постепенно понятие «жизнеспособность» из экологических систем распространилось и в другие области исследования, такие как социальные науки, психологию, экономику, менеджмент. Стали появляться научные работы [6-9], рассматривающие вопросы управления региональным развитием с позиции обеспечения жизнеспособности. Однако стоит отметить, что однозначного общесистемного определения «жизнеспособности» так и не было сформулировано. Разные исследователи трактуют данное понятие применительно к своей области знания. Это привело к тому, что в научной литературе встречаются синонимичные термины, связанные в той или иной степени с понятием жизнеспособности, например такие как: «живучесть», «жизнестойкость», «выживаемость», «шокоустойчивость», «антихрупкость», «vitality», «viability», «survivability», «sustainability», «resilience». На рисунке 1 отражено разнообразие терминов, которые представлены в отечественных и зарубежных работах, посвященных изучению жизнеспособности критических инфраструктур и систем разной природы. Данное терминологическое разнообразие было выявлено в ходе проведенного авторами анализа научно-исследовательских публикаций и отчетов, представленных в открытых источниках.

Для подтверждения разнообразия понятия жизнеспособности можно привести следующие примеры формулировок:

- 1) «способность меняться, чтобы сохранить идентичность» [10, с. 3];
- 2) «способность системы поглощать возмущения, сохраняя при этом свою основную функцию и структуру» [11, с. 1];
- 3) «способность системы выживать, адаптироваться и расти перед лицом изменений и неопределенности» [12, с. 16];
- 4) «способность системы сохранять свою функциональность и структуру в условиях внутренних и внешних изменений и снижать производительность системы, когда это необходимо» [13, с. 1034];

**Рис. 1: Терминологическое разнообразие понятия «жизнеспособность»<sup>1</sup>**



5) «способность системы выдерживать серьезные сбои при приемлемых параметрах деградации и восстанавливаться в подходящее время при разумных затратах и рисках» [14, с. 498];

6) «показатель способности системы воспринимать непрерывные и непредсказуемые изменения и при этом поддерживать свои жизненно важные функции» [15, с. 1];

7) «присущая системе способность корректировать свое функционирование до, во время или после изменений и сбоев, чтобы она могла поддерживать требуемые операции в условиях, вызванных как ожидаемыми, так и неожиданными причинами, такими как человеческие ошибки, системные сбои, атаки противника и стихийные бедствия» [16, с. 152].

Таким образом, анализ зарубежных и отечественных научно-исследовательских работ показывает, что в общем смысле понятие жизнеспособности системы подразумевает под собой способность системы сохранять свою функциональность и жизненно важные функции за счет каких-либо внутренних изменений, которые могут происходить до, во время или после кризисных ситуаций (сбоев, шоков, стрессов и т.д.).

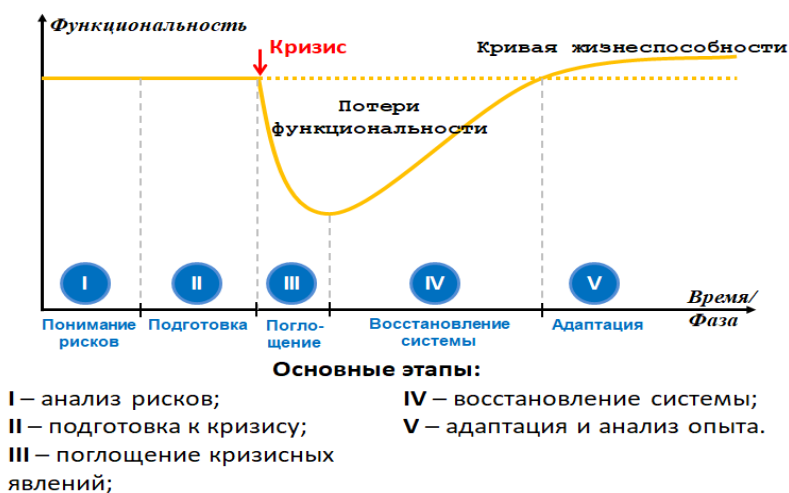
*Жизненный цикл жизнеспособности системы.*

Ключевым понятием в концепции жизнеспособности систем является жизненный цикл жизнеспособности. В общем случае под ним понимается совокупность стадий, которые проходит система в процессе своего развития с акцентом на изменение ее жизнеспособности. Традиционно жизненный цикл рассматривается при возникновении некоторых кризисных/стрессовых ситуаций в функционировании системы. Различные исследовательские команды выделяют разное количество и названия стадий/фаз/этапов, которые включаются в состав жизненного цикла жизнеспособности. Однако общий смысл большинства таких стадий остается относительно неизменным. В качестве примера можно рассмотреть наиболее распространенную структуру жизненного цикла жизнеспособности, которая описана в рабо-

<sup>1</sup> Составлено авторами

те о жизнеспособности интеллектуальных критических инфраструктур [17, с. 1270]. Она представлена на рисунке 2 и включает в себя такие фазы как: анализ рисков (understand risks), подготовка к кризису (anticipate/prepare), поглощение кризиса (absorb/withstand), восстановление системы (respond/recover), анализ кризиса и адаптация системы (adapt/learn).

**Рис. 2: Жизненный цикл жизнеспособности системы<sup>2</sup>**



На первом этапе жизненного цикла происходит анализ рисков. Теоретически этот этап предполагает предварительную работу системы по выявлению признаков потенциальных кризисных ситуаций, которые могут возникнуть в ходе функционирования системы. В этот этап могут включаться процессы идентификации грядущего кризиса.

На второй стадии жизненного цикла жизнеспособности система готовится к предполагаемому кризису, подстраивая свое функционирование (аккумулирует свои ресурсы, мобилизует свои силы, готовит резервы и т.д.) к сложной для осуществления своих функций ситуации. Как показывает объективная действительность, для сложной динамической системы определение всех возможных рисков и разработка планов/регламентов по их предотвращению или снижению их негативных последствий является трудоемкой задачей, а, возможно, и нереализуемой в полном объеме. Поэтому как бы система не была подготовлена к кризисам, при их появлении система ощущает на себе их негативное влияние в той или иной степени.

На третьем этапе система за счет внутренних и внешних ресурсов и средств пытается противостоять кризису и «поглотить» его негативные проявления. Как показано на рисунке 2, данные процессы приводят к резкому падению жизнеспособности системы (в частности, ее функциональности), что свидетельствует о том, что именно на этом этапе определяется, сможет ли система преодолеть кризис или прекратит свое существование. В теории процесс определения возможности существования системы традиционно сводится к падению некото-

<sup>2</sup> Составлено авторами

рой меры жизнеспособности ниже определенного предельно допустимого значения, которое фиксирует заложенный «запас прочности» системы. При этом вычисление меры жизнеспособности системы является нетривиальной задачей, что породило множество подходов и методик для реализации данного процесса.

При удачном исходе стадии поглощения кризиса, система переходит на следующий этап – стадию восстановления. На данном этапе жизненного цикла внутри системы происходят процессы постепенного возвращения к докризисному уровню функционирования системы. Процессы восстановления системы могут быть различны и отличаться в зависимости от природы исследуемой системы.

Пятый заключительный этап жизненного цикла принято называть адаптацией и обучением системы. На данном этапе происходит перестройка ее внутренних процессов за счет фиксации и анализа поведения системы в ходе предыдущих этапов и адаптации к новым условиям функционирования. С точки зрения концепции жизнеспособности возможен разный результат функционирования системы на пятом этапе, а именно: восстановление жизнеспособности до предкризисного состояния; снижение жизнеспособности системы; повышение жизнеспособности системы. При этом сама система может претерпевать разные по сложности изменения от простого изменения параметров функционирования системы до реинжиниринга бизнес-процессов или перестройки своей структуры.

Понятие «жизненный цикл жизнеспособности» позволяет исследователю разделить функционирование системы на отдельные стадии, чтобы иметь возможность изучать каждый из этапов отдельно, возможно, с помощью разных методов с учетом специфики процессов, характерных для каждого этапа.

#### *Классификация жизнеспособности*

В концепции жизнеспособности критических инфраструктур и систем принято выделять различные виды жизнеспособности. Такое разделение обусловлено тем, с каких позиций рассматривается жизнеспособность объекта исследования.

Из научно-исследовательской литературы для систем различной природы можно условно выделить следующие виды жизнеспособности:

–общественная / социальная жизнеспособность (community resilience, societal resilience, human resilience) [18-22]. Одним из вариантов трактовки данного понятия можно привести определение, указанное в [19, с. 255], где жизнеспособность сообщества представляет собой «коллективную способность района или географически определенной области справляться с факторами стресса и эффективно восстанавливать ритмы повседневной жизни посредством сотрудничества после потрясений»;

–экономическая жизнеспособность (economic resilience) [23-24]. Например, в работе [25, с. 76] под экономической жизнеспособностью региона понимается «врожденная способность и адаптивная реакция, которые позволяют региону избегать максимальных потенциальных потерь»;

–экологическая жизнеспособность (ecological resilience) [26-28]. Согласно [29, с. 11] данный тип жизнеспособности определяется как «способность минимизировать издержки стихийного бедствия, вернуться к состоянию, не уступающему или превосходящему прежний статус-кво, и сделать это в кратчайшие возможные сроки»;

–технологическая жизнеспособность (technological resilience, infrastructure resilience) [30-32]. Так в работе [33, с. 16] под технологической жизнеспособностью понимается «способность поддерживать базовую инфраструктуру и восстанавливаться после потерь»;

–организационная жизнеспособность (organizational resilience) [34-37]. Например, авторами исследования [38, с. 795] организационная жизнеспособность представляется «способностью, которая позволяет организациям приспосабливаться к возмущениям, смягчать последствия риска и неопределенности и использовать в своих интересах возникающие возможности»;

–информационная жизнеспособность (cyber resilience, information system resilience) [39-40]. Согласно [41, с.2] информационная жизнеспособность означает «способность непрерывно достигать намеченного результата, несмотря на неблагоприятные киберсобытия»;

–и др.

Такое многообразие видов жизнеспособности обусловлено появлением в научном сообществе разных точек зрения на жизнеспособность системы, каждая из которых характеризуется выделяемыми для изучения аспектами функционирования системы и применяемым методологическим базисом. С одной стороны, это свидетельствует о широком распространении концепции жизнеспособности для исследования динамических сложных систем разной природы. С другой стороны, показывает отсутствие единого универсального методологического фундамента для изучения жизнеспособности с общесистемной позиции.

## **2. Подходы и методы исследования жизнеспособности**

Из-за разнообразия точек зрения на жизнеспособность сложных систем существует разнородность в применяемых подходах и методах исследования жизнеспособности. Авторами данной статьи был проведен систематический анализ около 150 научных публикаций и отчетной документации по научно-исследовательским проектам в сфере исследования жизнеспособности, находящихся в открытом доступе. Проведенный анализ источников показал:

- 1) для исследования жизнеспособности используются разнообразные подходы, методы и методики из разных областей знаний;
- 2) все исследования можно условно разделить на две больших группы:
  - a. работы, в которых основной акцент делается на способе и инструментах оценки состояния жизнеспособности определенного вида системы;
  - b. исследования, в которых поднимаются вопросы организации/создания системы управления сложной системой на основе концепции жизнеспособности.
- 3) как правило, в работах, посвященных проблемам управления жизнеспособностью систем, затрагиваются вопросы и оценки жизнеспособностью, т.к. с теоретической точки зрения процесс оценки является неотъемлемой частью процесса управления;
- 4) не установлено единого универсального методологического аппарата для исследования разнородных сложных систем с общесистемных позиций.

Обобщенное представление авторов, полученное в ходе анализа открытых источников информации об используемых методологических средствах исследования жизнеспособности, представлено на рисунке 3. В процессе реализации анализа авторов интересовали в качестве объектов исследования два класса сложных систем: технические и природно-промышленные; социально-экономические. На рисунке 3 синим цветом выделены методы, которые часто встречаются в работах разных исследователей, а черным – методы, которые носят в основном единичный характер.

**Рис. 3: Методология исследования жизнеспособности<sup>3</sup>**

Технические / природно-промышленные системы	Социально-экономические системы
<p><b>Оценка жизнеспособности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Многокритериальная оценка;</li><li>•Индикаторная оценка (количественная и качественная);</li><li>•Методы извлечения и обработки коллективных экспертных знаний;</li><li>•Нечеткие множества и нечеткая логика;</li><li>•...</li></ul> <p><b>Управление жизнеспособностью:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Теория надежности;</li><li>• Теория вероятности и математическая статистика;</li><li>•Риск-менеджмент;</li><li>•Цели Маркова и Байевские сети;</li><li>•Предиктивная аналитика;</li><li>•Нейросетевые методы;</li><li>•Методы машинного обучения;</li><li>•....</li></ul>	<p><b>Оценка жизнеспособности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Многокритериальная оценка;</li><li>•Индикаторная оценка (количественная и качественная);</li><li>•Методы извлечения и обработки коллективных экспертных знаний;</li></ul> <p><b>Управление жизнеспособностью:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Эконометрическое моделирование;</li><li>•Риск-менеджмент;</li><li>•Кризис-менеджмент;</li><li>•Сценарное моделирование;</li><li>•Поведенческие модели.</li></ul>

Другим примером разработки инструментов для управления жизнеспособностью технических систем является работа [42]. В рамках данной работы рассматривается подход к

<sup>3</sup> Составлено авторами

управлению техническими критическими инфраструктурами на базе теории цепей Маркова и Байесовских сетей. Авторы предлагают с помощью данного математического аппарата учитывать каскадные эффекты в работе сложных систем.

Работа [43] может быть отнесена к исследованиям в области управления жизнеспособностью социально-экономических систем. Публикация содержит описание проекта CRISADMIN, включающего в себя комплекс поведенческих моделей, построенных на базе системной динамики. Авторы приводят примеры использования их разработки для анализа жизнеспособности социальных критических инфраструктур в условиях возникновения забастовок и террористических угроз.

Работа [44] может быть отнесена к исследованиям в области разработки системы оценки жизнеспособности технических систем. Авторы рассматривают структуру трех категорий факторов и их влияние на жизнеспособность технических критических инфраструктур. Предлагается система оценки выделенных факторов с помощью индикаторной оценки. Приводятся примеры количественной оценки жизнеспособности для энергетических, транспортных, газораспределительных и кибер систем.

Отчет о международном проекте [45] по анализу текущего состояния в области оценки общественной жизнеспособности является ярким представителем исследований в области измерения жизнеспособности социально-экономических систем. Авторы данной работы приводят сравнительную характеристику 90 разных методик для оценки общественной жизнеспособности, построенных на методах индикаторной оценки и извлечения коллективных экспертных данных.

Отдельно стоит отметить, что систематизация, представленная на рисунке 3, не является абсолютно полной, т.к. она составлена лишь по определенному фрагменту литературных и документальных источников, доступных для изучения. В тоже время она может дать представление о разнообразии применяемых методологических средств для исследования жизнеспособности сложных систем. Также встречаются работы, в которых делаются попытки предложить концептуальные подходы к управлению жизнеспособностью сложных систем и критических инфраструктур (например, в публикации [46]), но они в основном носят описательный/декларативный характер.

### **3. Жизнеспособность социально-экономических систем**

Последние несколько лет авторы статьи занимаются исследованием вопросов создания информационных технологий и средств поддержки принятия решений в области регионального управления. В частности, предлагается разработать программные системы информаци-

онно-аналитической поддержки управления региональными социально-экономическими системами (РСЭС) на основе концепции жизнеспособности сложных систем и критических инфраструктур. В текущем научно-исследовательском проекте поставлены задачи, ориентированные на разработку методов и программных решений для управления жизнеспособностью региональных социально-экономических систем класса «Бизнес-Сообщество-Власть» (БСВ-систем). В качестве примеров такого класса систем РСЭС можно привести моногорода или региональный производственный/экономический кластер.

В связи с рассмотрением такого объекта исследования встал вопрос, а что именно принято называть жизнеспособностью региональной социально-экономической системы? Для получения ответа на данный вопрос, был проведен систематический анализ отечественной и зарубежной научной литературы.

В общем случае, согласно [47, с. 17] жизнеспособность определяется как «способность системы, сообщества или социума, потенциально подверженного опасностям, адаптироваться, сопротивляясь или изменяясь, с целью достижения и поддержания приемлемого уровня функционирования и структуры. Это определяется степенью, в которой социальная система способна самоорганизоваться, чтобы повысить свою способность извлекать уроки из прошлых бедствий для лучшей защиты в будущем и совершенствования мер по снижению риска».

Жизнеспособность социально-экономической системы можно рассматривать в соответствии с ее масштабом (рис. 4).

**Рис. 4: Жизнеспособность различных уровней социально-экономических систем<sup>4</sup>**



В трудах Ахиезера А.С. [48] приводится определение, согласно которому жизнеспособность такой социально-экономической системы как государство представляет собой

<sup>4</sup> Составлено авторами

«способность создавать условия для производства и воспроизводства общества как социального организма с учетом на обозримую, длительную перспективу».

В исследовании Алтуфьевой Т.Ю. [6, с. 26], «жизнеспособность территориальной социально-экономической системы – это способность территориальных систем, поглощать (абсорбировать) шоки в целях восстановления (возвращения в состояние динамического равновесия) или адаптации к существующим и новым потрясениям (трансформации для роста) посредством задействования своих потенциала и ключевых ресурсов».

Подходя к вопросу жизнеспособности региона (ЖР) можно отметить работу [9, с. 2], в которой ЖР представляет собой «способность региона успешно оправляться от потрясений в своей экономике, которые либо сбивают его с пути роста, либо потенциально могут сбить его с пути роста, но на самом деле этого не происходит».

Также в научном информационном поле встречаются работы, в которых описывается жизнеспособность муниципального образования. Например, согласно [8, с. 5] жизнеспособность такой социально-экономической системы – это «способность хозяйствующих субъектов территории обеспечивать устойчивое функционирование и развитие объектов».

#### *Жизнеспособность систем класса «Бизнес-Сообщество-Власть».*

В качестве объекта текущего исследования взяты РСЭС класса «Бизнес-Сообщество-Власть». Авторы статьи выделяют отдельный класс РСЭС для того, чтобы акцентировать внимание не только на каждом из трех компонентов БСВ-системы (особенностях их структуры и функционирования), но и их разных видах взаимодействия между собой и окружающей средой с целью изучения потенциальных синергетических эффектов (положительных или негативных) от такого взаимодействия. При этом в рамках текущей работы каждый компонент БСВ-системы рассматривается с определенной точки зрения, которая приводится далее в тексте.

Компонент «Бизнес» представляется совокупностью хозяйствующих субъектов, осуществляющих коммерческую деятельность на определенной территории с целью получения собственных выгод и преследующих свои частные интересы. В поле рассмотрения в рамках текущего исследования берутся только представители социально-ответственного бизнеса. Под социальной ответственностью понимается добровольный вклад бизнеса в развитие общества в социальной, экономической и экологической сферах, не связанный напрямую с основной деятельностью хозяйствующего субъекта и выходящий за рамки определенного законом минимума. Рассмотрение только социально-ответственного бизнеса в составе БСВ-систем обусловлено тем, что в практической плоскости именно представители такого вида бизнеса оказывают реальное воздействие (или имеют потенциальные инструменты воздей-

ствия на другие компоненты БСВ-системы) на социально-политическую ситуацию в региональных социально-экономических системах масштаба одной или совокупности административно-территориальных единиц (например, моногорода или регионального производственного кластера).

На данном этапе исследования под сообществом понимается группа индивидуумов, которые разделяют общие взгляды на определенные процессы мироустройства, либо объединены едиными интересами и/или целями. Структуризация компонента «Сообщество» для БСВ-системы является сложной задачей, т.к. может осуществляться по разным принципам. В общем случае компонент «Сообщество» представляет собой совокупность взаимодействующих сообществ, разделенных между собой по определенному классификационному критерию (например, тема общественного дискурса). В связи со сложностью компонента «Сообщество» было принято решение сосредоточить внимание в рамках исследования на виртуальных сообществах, представленных в искусственных социальных сетях. По этой причине делается предположение, что социальная группа, представленная в виртуальном пространстве, в достаточном объеме для исследования отражает наиболее значимые характеристики реальной социальной группы. Данное предположение является дискуссионным, но т.к. исследование направлено на изучение БСВ-систем с помощью методов анализа больших данных и формирующего искусственного интеллекта, то оно допустимо.

Компонент БСВ-системы «Власть» на текущем этапе исследования представлен лишь совокупностью государственной (региональной) и муниципальной властей, не смотря на то, что и другие виды власти могут оказывать влияние на социально-политическую ситуацию в региональной социально-экономической системе. Традиционно, под государственной региональной властью понимаются органы исполнительной и законодательной власти, которые формируют стратегию социально-экономического и социально-политического развития региона, определяющие основополагающие условия для функционирования общества и ведения бизнеса и, как следствие, регулирующие эффективность региональной экономики. Под местной или муниципальной властью понимается «вид публичной власти, который в своей деятельности руководствуется соответствующими нормативно-правовыми актами федерального, регионального и местного уровня и призван обеспечить решение вопросов местного значения, создать условия для удовлетворения повседневных потребностей населения» [49, с. 130].

Анализ открытых источников информации на предмет наличия сформулированного понятия жизнеспособности БСВ-системы не дал результатов, поскольку найти прямых аналогов исследования жизнеспособности подобного класса систем в отечественных и зарубеж-

ных научных публикациях не удалось. Согласно приведенному выше краткому описанию объекта исследования можно сформулировать понятие жизнеспособности РСЭС системы класса «Бизнес-Сообщество-Власть» как способность компонентов БСВ-системы, подверженных разным опасностям, при возникновении кризисной ситуации выявлять ее предпосылки, адаптироваться к новым условиям, сопротивляться негативным воздействиям кризиса и изменяться с целью достижения и поддержания приемлемого уровня функционирования как каждого компонента в отдельности, так и БСВ-системы в целом.

## **Заключение**

Исследование региональных социально-экономических систем остается востребованной как в теоретическом, так и в прикладном плане задачей. Актуальность данной задачи повышается за счет активной всеобъемлющей цифровизации общества и хозяйственной деятельности, что накладывает определенный отпечаток на поведение и реакцию современных сообществ, бизнеса и государственной власти. Одним из перспективных направлений исследования сложных систем (в том числе, социально-экономических) является концепция жизнеспособности (resilience). Эту концепцию можно считать альтернативной точкой зрения на процессы управления сложным объектом в условиях возникновения кризисной ситуации. По мнению авторов, главное отличие концепции жизнеспособности применительно к социально-экономическим системам по сравнению с другим традиционным направлением их изучения – устойчивым развитием, заключается том, что в рамках второго направления пытаются всеми возможными способами выстроить траекторию развития системы таким образом, чтобы максимально избежать потенциальных кризисов. В концепции жизнеспособности сразу утверждается, что какие бы силы и ресурсы не прикладывались к процессу избегания кризиса, он в любом случае наступит, а значит, рациональнее направить усилия на поглощение, восстановление и адаптацию системы к стрессовым ситуациям.

В рамках данной публикации авторы сделали попытку раскрыть основные теоретические аспекты использования концепции жизнеспособности для изучения сложных систем и управления ими. Были рассмотрены основные формулировки жизнеспособности, виды жизнеспособности и ключевые понятия данной концепции. Авторами сформулировано определение жизнеспособности региональных социально-экономических систем класса «Бизнес-Сообщество-Власть».

В дальнейшем в рамках текущего исследования будут решаться задачи, ориентированные на разработку теоретических основ и прикладных программных средств поддержки

управления жизнеспособностью региональных социально-экономических систем класса «Бизнес-Сообщество-Власть», в том числе:

–разработка формализованной концептуальной модели и прикладной онтологии жизнеспособности БСВ-системы;

–разработка метода комплексной оценки жизнеспособности БСВ-системы на основе интеграции методик индикаторной оценки, концепции многомерного куба данных, теории нечетких множеств и методов нечеткого вывода;

–проектирование архитектуры системы поддержки принятия решений в сфере управления жизнеспособностью БСВ-системы на основе технологий разработки многоагентных интеллектуальных систем;

–реализация предсказательного компонента системы поддержки управления принятия решений в сфере управления БСВ-системы на основе имитационного моделирования;

–разработка метода идентификации кризисных ситуаций в функционировании БСВ-систем на основе анализа больших данных социальных медиа;

–разработка технологии информационно-аналитической поддержки управления жизнеспособностью региональных БСВ-систем.

## Литература

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press. Oxford. 1987.
2. Подпругин, М.О. Понятия устойчивости и устойчивого развития в современной экономической науке // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. №6. 8 с.
3. Терехов, Л.Л. Кибернетика для экономистов. М.: Финансы и статистика. 1983. 191 с.
4. Holling, C.S. Resilience and stability of ecological systems // Annual review of ecology and systematics. 1973. Том 4. № 1. С.: 1-23.
5. Reggiani, A.; Graaff, Th.; Nijkamp, P. Resilience: An Evolutionary Approach to Spatial Economic Systems // Networks and Spatial Economics 2(2). 2001. 20 с. DOI: 10.1023/A:1015377515690.
6. Алтуфьева, Т.Ю. Малый и средний бизнес: поддержка резилиентности территорий в условиях шоковых воздействий // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 12-1 (94). С.: 25-30. DOI:10.24412/2411-0450-2022-12-1-25-30.
7. Foster, K.A. A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience // Institute of Urban and Regional Development, University of California. Berkeley. Working Paper 2007-08. 2007. 41 с.
8. Макаров, А.М.; Савенков, Б.В. Оценка жизнеспособности муниципальных образований // Муниципальная экономика. 2003. № 3 (15). С.: 2-6.

9. Hill, E.W.; Wial, H.; Wolman, H. Exploring Regional Economic Resilience. 2008. 15 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.5099.4000.
10. Folke, C.S.R.; et.al. Chapin and J. Rockström. Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability // Ecology and Society. 2010. Том 15(4). 20 с.
11. Walker, B.; Salt., D. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Washington: Island Press. 2006. 192 с.
12. Fiksel, J. Sustainability and Resilience: Toward a Systems Approach // Fall 2006. 2006. Том 2. Вып. 2. С.: 14-21. DOI: 10.1080/15487733.2006.11907980.
13. Allenby, B.; Fink, J. Toward Inherently Secure and Resilient Societies // Science. 2005. Том 309. № 5737. С.: 1034-1036. DOI: 10.1126/science.1111534.
14. Haimes, Y.Y. On the definition of resilience in systems // Risk Analysis. 2009. № 29(4). С.: 498-501. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2009.01216.x.
15. Pregenzer, A. Systems resilience: A new analytical framework for nuclear nonproliferation. Albuquerque. NM: Sandia National Laboratories, 2011. 21 с.
16. Zhu, Q.; Wei, D.; Ji, K. Hierarchical Architectures of Resilient Control Systems: Concepts, Metrics, and Design Principles // Cyber Security for Industrial Control Systems. 2016. С.: 151-182. DOI: 10.1201/b19629-9.
17. Øien, K.; Bodsberg, L.; Jovanovic, A. Resilience assessment of smart critical infrastructures based on indicators / Conference: ESREL 2018. European Safety and Reliability Conference. 2018. С.: 1269-1277. DOI:10.1201/9781351174664-160.
18. Laurence, J.K.; Whitley, R.; Dandeneau, S. Community Resilience: Models, Metaphors and Measures // Journal de la santé autochtone. 2009. С.: 62-117.
19. Aldrich, D.P.; Meyer, M.A. Social Capital and Community Resilience // American Behavioral Scientist. 2015. № 59(2). С.: 254-269. <https://doi.org/10.1177/0002764214550299>.
20. Bearse, R. The Return on Investing in Personal resilience. The CIP Report. Center for Infrastructure Protection and Homeland Security. 2014. № 12 (7). С.: 21-24.
21. Petersen, L.; et al. Social resilience criteria for critical infrastructures during crises. IMPROVER D4.1. 2016. 115 с.
22. Haavik, T.K. Societal resilience. Clarifying the concept and upscaling the scope // Safety Science. 2020. Том 132. 104964 с. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104964>.
23. Briguglio, L.; et al. Conceptualising and measuring economic resilience / В книге: Pacific Islands Regional Integration and Governance. 2005. С.: 26-49. DOI: 10.22459/PIRIG.11.2005.03.
24. Ahert, J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world // Landscape and Urban Planning. 2011. № 100 (4). С.: 341-343. DOI:10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.02.021.

25. Rose, A.; Liao, S.Y. Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions // *Journal of Regional Science*. 2005. № 45(1). С.: 75-112. <https://doi.org/10.1111/j.0022-4146.2005.00365.x>.
26. Wang, C.; Blackmore, J. Resilience Concepts for Water Resource Systems // *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2009. № 135 (6): С.: 528-536. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2009)135:6(528).
27. Ying, Z.; et al. Ecological Resilience Assessment of an Emerging Urban Agglomeration: A Case Study of Chengdu-Chongqing Economic Circle, China // *Polish Journal of Environmental Studies*. 2022. № 31(3). С.: 2381-2395. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/144098>.
28. Stratton, A.E.; Kuhl, L.; Blesh, J. Ecological and Nutritional Functions of Agroecosystems as Indicators of Smallholder Resilience. 2020. Том. 4. 543914 с. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.543914>.
29. Gilbert, S.W. Disaster Resilience: A Guide to the Literature. U.S. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 1117. 2010. 113 с.
30. Youn, B.D.; Hu, C.; Wang, P. Resilience-driven System Design of Complex Engineered Systems // *Journal of Mech Design*. 2011. № 133 (10). С.: 10108-10110. DOI: 10.1115/1.4004981.
31. Lee, P.C.; Chen, S.H.; Su, H.N. Exploring technological resilience at the country level with patents // *Technology Analysis & Strategic Management*. 2018. № 30:9. С.: 1-16. DOI: 10.1080/09537325.2018.1442572.
32. Righi, A.W.; Saurin, T.A.; Wachs, P. A systematic literature review of resilience engineering: Research areas and a research agenda proposal // *Reliability Engineering and System Safety*. 2015. Том 141. С.: 142-152. DOI: 10.1016/j.ress.2015.03.007.
33. Villagran de Leon, J.C. Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review // *Studies of the University: Research, Counsel, Education (Publication Series of UNU-EHS)*. 2006. Вып. 4. 64 с.
34. Lee, A.V.; Vargo, J.; Seville, E. Developing a Tool to Measure and Compare Organizations' Resilience // *Natural Hazards Review*. 2013. № 14 (1). С.: 29-41. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000075.
35. Allende, M.M.; et al. Aligning Organizational Pathologies and Organizational Resilience Indicators // *International Journal of Production Management and Engineering*. 2017. № 5(2). С.:107-116. DOI: 10.4995/ijpme.2017.7423.
36. Bégin, L.; Chabaud, D. La résilience des organisations. *Revue Tennakoon W.D.N.S.M., & Janadari M.P.N.* // *Wayamba Journal of Management*. 2010. № 12 (1). С.: 127-142. DOI:10.3166/RFG.200.127-142.

37. Duchek, S. Organizational resilience: a capability-based conceptualization // *Business Research*. 2020. № 13(1). С.: 215-246. DOI: 10.1007/s40685-019-0085-7.
38. Vanahene, K. O.; Anvuur, A.; Dainty, A. Conceptualising Organizational Resilience: An investigation into project organizing / В сборнике: *Proceeding of 30th Annual ARCOM Conference*. Portsmouth: Association of Researchers in Construction Management. 2014. С.: 795-804.
39. Goldman, H.; McQuaid, R.; Picciotto, J. Cyber resilience for mission assurance / В сборнике: *Technologies for Homeland Security (HST), 2011 IEEE International Conference on IEEE*. 2011. С.: 236-241. DOI: 10.1109/THS.2011.6107877.
40. Dupont, B.; et al. The tensions of cyber-resilience: From sensemaking to practice // *Computers & Security*. 2023. Том 132. 103372 с. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103372>.
41. Björck, F.; et al. Cyber Resilience – Fundamentals for a Definition / В сборнике: *New Contributions in Information Systems and Technologies. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer. Cham. 2015. Том 353. С.: 311-316. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1_31).
42. Eldosouky, A.; Saad, W.; Mandayam, N. Resilient critical infrastructure: Bayesian network analysis and contract-Based optimization // *Reliability Engineering & System Safety*. 2021. Том 205. С.: 107243. DOI: 10.1016/j.ress.2020.107243.
43. Cavallini, S.; et al. A System Dynamics Framework for Modeling Critical Infrastructure Resilience / В сборнике: *8th International Conference on Critical Infrastructure Protection (ICCIP)*, Mar 2014. Arlington, United States. 2014. С.: 141-154, DOI: 10.1007/978-3-662-45355-1\_10.
44. Rehak, D.; Senovsky, P.; Slivkova, S. Resilience of Critical Infrastructure Elements and Its Main Factors. *Systems* // *Journal: Systems*. 2018. Том 6. № 2. 21 с. <https://doi.org/10.3390/systems6020021>.
45. Community Resilience Indicator Analysis: Commonly Used Indicators from Peer-Reviewed Research: Updated for Research Published 2003-2021. September 2022. FEMA. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_2022-community-resilience-indicator-analysis.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_2022-community-resilience-indicator-analysis.pdf). (дата обращения: 26.10.2023).
46. Florin, M.F.; Sachs, R. *Critical Infrastructure Resilience. Lessons from Insurance*. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. 2019. 20 с.
47. *Grand Challenges for Disaster Reduction*. SDR (Subcommittee on Disaster Reduction). Washington, D.C.: National Science and Technology Council. 2005. 21 с.
48. Ахиезер, А.С. Жизнеспособность России / В сборнике: *Жизнеспособность России. Материалы научной конференции*. М. 1996: С.: 75-77.
49. Газизова, Л.И. К вопросу о разграничении понятий "муниципальная власть" и "местное самоуправление" // *Власть*. 2015. № 6. С.: 129-133.

## CONCEPTUAL ASPECTS OF STUDYING OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS' RESILIENCE

**Darya Khaliullina**

Candidate of Technical Sciences, Researcher of Putilov Institute for Informatics  
and Mathematical Modeling FRS KSC RAS  
Apatity, Russia

**Vitaly Bystrov**

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Putilov Institute for Informatics  
and Mathematical Modeling FRS KSC RAS  
Apatity, Russia

**Abstract.** The work is devoted to theoretical issues in the study of regional socio-economic systems in the resilience context. The authors make an attempt to systematize the current state of studying the complex systems and critical infrastructures resilience. The variety of “system resilience” concept terms is considered, and a conclusion is made about the terms duplication presence. Based on the life cycle stages (phases) analysis, a description of the structure and each stage is proposed. A resilience types' classification is presented, according to the open information sources analysis (about 150 scientific publications and reporting documentation on research projects), which made it possible to justify the lack of a unified universal methodological foundation for studying resilience from a system-wide position. Methodologies for studying the technical (natural-industrial) and socio-economic systems resilience are considered, and a conclusion is drawn about the variety of methodological tools used to study the complex systems resilience. Developing the idea that the socio-economic system resilience should be considered in accordance with its scale; in the course of the analysis, the authors systematized the identified regional socio-economic systems resilience definitions according to their scale. The authors formulated a definition of the “regional Business-Community-Authority socio-economic system resilience”.

**Keywords:** resilience; life cycle; regional socio-economic systems; regional management; stages of system viability.

**JEL codes:** R13.

### References

1. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. Oxford University Press. Oxford. 1987.

2. Podprugin, M.O. (2012) Concepts of sustainability and sustainable development in modern economic science // Actual problems of humanities and natural sciences. No. 6. p. 8.
3. Terekhov, L.L. (1983) Cybernetics for economists. M.: Finance and Statistics. 191 p.
4. Holling, C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems // Annual review of ecology and systematics. Vol. 4. No. 1. P.: 1-23.
5. Reggiani, A.; Graaff, Th.; Nijkamp, P. (2001) Resilience: An Evolutionary Approach to Spatial Economic Systems // Networks and Spatial Economics 2(2). 20 p. DOI: 10.1023/A:1015377515690.
6. Altufyeva, T.Yu. (2022) Small and medium business: support for territorial resiliency in conditions of shock impacts // Economics and Business: theory and practice. No. 12-1 (94). P.: 25-30. DOI:10.24412/2411-0450-2022-12-1-25-30.
7. Foster, K.A. (2007) A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience // Institute of Urban and Regional Development, University of California. Berkeley. Working Paper 2007-08. 41 p.
8. Makarov, A.M.; Savenkov, B.V. (2003) Assessment of the resilience of municipalities // Municipal economy. No. 3 (15). P.: 2-6.
9. Hill, E.W.; Wial, H.; Wolman, H. (2008) Exploring Regional Economic Resilience. 15 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.5099.4000.
10. Folke, C.S.R.; et.al. Chapin and J. Rockström. (2010) Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability // Ecology and Society. Vol. 15(4). 20 p.
11. Walker, B.; Salt., D. (2006) Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world. Washington: Island Press. 192 p.
12. Fiksel, J. (2006) Sustainability and Resilience: Toward a Systems Approach // Fall 2006. Vol. 2. Iss. 2. P.: 14-21. DOI: 10.1080/15487733.2006.11907980.
13. Allenby, B.; Fink, J. (2005) Toward Inherently Secure and Resilient Societies // Science. Vol. 309. No. 5737. P.: 1034-1036. DOI: 10.1126/science.1111534.
14. Haimes, Y.Y. (2009) On the definition of resilience in systems // Risk Analysis. No. 29(4). P.: 498-501. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2009.01216.x.
15. Pregenzer, A. (2011) Systems resilience: A new analytical framework for nuclear nonproliferation. Albuquerque. NM: Sandia National Laboratories, 21 p.
16. Zhu, Q.; Wei, D.; Ji, K. (2016) Hierarchical Architectures of Resilient Control Systems: Concepts, Metrics, and Design Principles // Cyber Security for Industrial Control Systems. P.: 151-182. DOI: 10.1201/b19629-9.

17. Øien, K.; Bodsberg, L.; Jovanovic, A. (2018) Resilience assessment of smart critical infrastructures based on indicators / Conference: ESREL 2018. European Safety and Reliability Conference. P.: 1269-1277. DOI:10.1201/9781351174664-160.
18. Laurence, J.K.; Whitley, R.; Dandeneau, S. (2009) Community Resilience: Models, Metaphors and Measures // Journal de la santé autochtone. P.: 62-117.
19. Aldrich, D.P.; Meyer, M.A. (2015) Social Capital and Community Resilience // American Behavioral Scientist. No. 59(2). P.: 254-269. <https://doi.org/10.1177/0002764214550299>.
20. Bearse, R. (2014) The Return on Investing in Personal resilience. The CIP Report. Center for Infrastructure Protection and Homeland Security. No. 12 (7). P.: 21-24.
21. Petersen, L.; et al. (2016) Social resilience criteria for critical infrastructures during crises. IMPROVER D4.1. 115 p.
22. Haavik, T.K. (2020) Societal resilience – Clarifying the concept and upscaling the scope // Safety Science. Vol. 132. P.: 104964. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104964>.
23. Briguglio, L.; et al. (2005) Conceptualising and measuring economic resilience / In book: Pacific Islands Regional Integration and Governance. P.: 26-49. DOI: 10.22459/PIRIG.11.2005.03.
24. Ahert, J. (2011) From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world // Landscape and Urban Planning. No. 100(4). P.: 341-343. DOI:10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.02.021.
25. Rose, A.; Liao, S.Y. (2005) Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions // Journal of Regional Science. № 45(1). P.: 75-112. <https://doi.org/10.1111/j.0022-4146.2005.00365.x>.
26. Wang, C.; Blackmore, J. (2009) Resilience Concepts for Water Resource Systems // Journal of Water Resources Planning and Management. No. 135 (6): P.: 528-536. DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2009)135:6(528).
27. Ying, Z.; et al. (2022) Ecological Resilience Assessment of an Emerging Urban Agglomeration: A Case Study of Chengdu-Chongqing Economic Circle, China // Polish Journal of Environmental Studies. No. 31(3). P.: 2381-2395. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/144098>.
28. Stratton, A.E.; Kuhl, L.; Blesh, J. (2020) Ecological and Nutritional Functions of Agroecosystems as Indicators of Smallholder Resilience. Vol. 4. 543914 p. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.543914>.
29. Gilbert, S.W. (2010) Disaster Resilience: A Guide to the Literature. U.S. Department of Commerce. National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 1117. 113 p.
30. Youn, B.D.; Hu, C.; Wang, P. (2011) Resilience-driven System Design of Complex Engineered Systems // Journal of Mech Design. No. 133 (10): P.: 10108-10110. DOI: 10.1115/1.4004981.

31. Lee, P.C.; Chen, S.H.; Su, H.N. (2018) Exploring technological resilience at the country level with patents // *Technology Analysis & Strategic Management*. No. 30:9. P.: 1-16. DOI: 10.1080/09537325.2018.1442572.
32. Righi, A.W.; Saurin, T.A.; Wachs, P. (2015) A systematic literature review of resilience engineering: Research areas and a research agenda proposal // *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 141. P.: 142-152. DOI: 10.1016/j.ress.2015.03.007.
33. Villagran de Leon, J.C. (2006) Vulnerability. A Conceptual and Methodological Review // *Studies of the University: Research, Counsel, Education (Publication Series of UNU-EHS)*. Issue 4. 64 p.
34. Lee, A.V.; Vargo, J.; Seville, E. (2013) Developing a Tool to Measure and Compare Organizations' Resilience // *Natural Hazards Review*. No. 14 (1). P.: 29-41. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000075.
35. Allende, M.M. et al. (2017) Aligning Organizational Pathologies and Organizational Resilience Indicators // *International Journal of Production Management and Engineering*. No. 5(2). P.:107-116. DOI: 10.4995/ijpme.2017.7423.
36. Bégin, L.; Chabaud, D. (2010) La résilience des organisations. *Revue Tennakoon W.D.N.S.M., & Janadari M.P.N.* // *Wayamba Journal of Management*. No. 12 (1). P.: 127-142. DOI:10.3166/RFG.200.127-142.
37. Duchek, S. (2020) Organizational resilience: a capability-based conceptualization // *Business Research*. No. 13(1). P.: 215-246. DOI: 10.1007/s40685-019-0085-7.
38. Banahene, K. O.; Anvuur, A.; Dainty, A. (2014) Conceptualising Organizational Resilience: An investigation into project organizing / In book: *Proceeding of 30th Annual ARCOM Conference*. Portsmouth: Association of Researchers in Construction Management. P.: 795-804.
39. Goldman, H.; McQuaid, R.; Picciotto, J. (2011) Cyber resilience for mission assurance / In book: *Technologies for Homeland Security (HST)*. 2011 IEEE International Conference on IEEE. P.: 236-241. DOI: 10.1109/THS.2011.6107877.
40. Dupont, B.; et al. (2023) The tensions of cyber-resilience: From sensemaking to practice // *Computers & Security*. Vol. 132. 103372 p. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103372>.
41. Björck, F.; et al. 2015. Cyber Resilience – Fundamentals for a Definition / In book: *New Contributions in Information Systems and Technologies*. Advances in Intelligent Systems and Computing. Springer, Cham. Vol. 353. P.: 311-316. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16486-1_31).
42. Eldosouky, A.; Saad, W.; Mandayam, N. (2021) Resilient critical infrastructure: Bayesian network analysis and contract-Based optimization // *Reliability Engineering & System Safety*. Vol. 205. 107243 p. DOI: 10.1016/j.ress.2020.107243.

43. Cavallini, S.; et al. (2014) A System Dynamics Framework for Modeling Critical Infrastructure Resilience / В сборнике: 8th International Conference on Critical Infrastructure Protection (ICCIP). Mar 2014. Arlington. United States. P.: 141-154. DOI: 10.1007/978-3-662-45355-1\_10.
44. Rehak, D.; Senovsky, P.; Slivkova, S. (2018) Resilience of Critical Infrastructure Elements and Its Main Factors. Systems // Journal: Systems. Vol. 6. No. 2. 21 p. <https://doi.org/10.3390/systems6020021>.
45. Community Resilience Indicator Analysis: Commonly Used Indicators from Peer-Reviewed Research: Updated for Research Published 2003-2021. September 2022. FEMA. URL: [https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_2022-community-resilience-indicator-analysis.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_2022-community-resilience-indicator-analysis.pdf).
46. Florin, M.F.; Sachs, R. (2019). Critical Infrastructure Resilience. Lessons from Insurance. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. 20 p.
47. Grand Challenges for Disaster Reduction. (2005) SDR (Subcommittee on Disaster Reduction). Washington, D.C.: National Science and Technology Council. 21 p.
48. Ahiezer, A.S. (1996) The resilience of Russia / In book: The resilience of Russia. Materials of the scientific conference. M.: P.: 75-77.
49. Gazizova, L.I. (2015) The reflections on the distinction between concepts of municipal authority and local self-government // Power. No. 6. P.: 129-133.

## Contact

Darya Khaliullina

Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling - Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

24A, Fersman St., Apatity, 184209, Russia

[khaliullina@iimm.ru](mailto:khaliullina@iimm.ru)

Vitaliy Bystrov

Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling - Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»

24A, Fersman St., Apatity, 184209, Russia

[bystrov@iimm.ru](mailto:bystrov@iimm.ru)