

УДК 330

DOI 10.26118/2782-4586.2024.20.59.010

Жариков Илья Николаевич

ООО «Европа Тревел»

Потоково-кластерная модель региона как структурная основа формирования экономики замкнутого цикла

Аннотация. В условиях перехода к устойчивым моделям территориального развития актуализируется необходимость формирования методологических инструментов анализа региональной экономики в логике экономики замкнутого цикла. Цель настоящего исследования заключается в разработке потоково-кластерной модели региона как структурной основы формирования циркулярной экономики на мезоуровне. В статье обоснована концепция региональной метаболики, раскрывающая взаимосвязь материальных, энергетических и технологических потоков с кластерной структурой региона. Предложена система формализованных коэффициентов, отражающих интенсивность, замкнутость и симбиотическую связанность потоков. Научная новизна заключается в интеграции потокового анализа с кластерной теорией регионального развития и формировании модели потоково-кластерной топологии, позволяющей количественно оценивать потенциал циркулярной трансформации региона. В качестве эмпирической базы использованы данные Тульской области. Результаты исследования формируют теоретическую и прикладную основу для разработки инструментов управления региональной экономикой замкнутого цикла.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, региональная экономика, потоковый анализ, кластерная структура, индустриальная симбиозность, региональная метаболика, циркулярная трансформация.

Zharikov Ilya Nikolaevich

Europa Travel LLC

Flow-Cluster Model of a Region as a Structural Foundation for the Formation of a Circular Economy

Abstract. In the context of the transition toward sustainable territorial development models, there is an increasing need for methodological instruments capable of analyzing regional economies within the framework of a circular economy. The purpose of this study is to develop a flow-cluster model of a region as a structural foundation for the formation of a circular economy at the meso-level. The paper substantiates the concept of regional metabolism, which conceptualizes the interrelation between material, energy, and technological flows and the cluster structure of a territory. A system of formalized coefficients is proposed to measure flow intensity, structural closed-loop capacity, and symbiotic inter-cluster connectivity. The scientific novelty of the research lies in integrating flow analysis with cluster theory of regional development and in constructing a flow-cluster topology model that enables the quantitative assessment of a region's circular transformation potential. The empirical base of the study includes data from the Tula region. The results provide both theoretical and applied foundations for designing regional circular economy governance instruments.

Keywords: circular economy; regional economy; flow analysis; cluster structure; industrial symbiosis; regional metabolism; circular transformation; meso-level development.

Современные трансформации мировой экономики характеризуются усилением требований к ресурсной эффективности, устойчивости производственных систем и

снижению экологической нагрузки. Концепция экономики замкнутого цикла, получившая широкое распространение в стратегических документах Европейского союза, Японии и Китая, предполагает переход от линейной модели «извлечение - производство — потребление - утилизация» к системе замкнутых материальных и энергетических потоков. Однако при всей разработанности макроэкономических и отраслевых моделей циркулярности недостаточно исследованным остается региональный уровень реализации данных принципов.

Регион выступает пространственно ограниченной, но функционально целостной экономической системой, в рамках которой формируются устойчивые производственные и логистические связи, концентрируются кластеры и формируется специфическая структура потоков. Именно на региональном уровне происходит физическое перемещение ресурсов, их трансформация и перераспределение между предприятиями. Следовательно, без анализа потоковой конфигурации региона невозможно говорить о реальном формировании экономики замкнутого цикла.

Существующие исследования преимущественно рассматривают циркулярность через показатели переработки отходов, ресурсной продуктивности или доли вторичного сырья. Такой подход не отражает пространственную и структурную природу циркулярных процессов. В то же время кластерная теория регионального развития концентрируется на институциональной и производственной кооперации, не учитывая потоковую логику ресурсного обмена.

Возникает методологический разрыв между потоковым анализом и кластерной структурой региона. Преодоление данного разрыва требует разработки интегративной модели, способной описывать регион как систему взаимосвязанных потоков и производственных кластеров.

Теоретические основания потоково-кластерной модели региона

Формирование экономики замкнутого цикла на региональном уровне требует переосмысления традиционных представлений о территориальной экономической системе. В большинстве существующих исследований циркулярность рассматривается либо в макроэкономическом измерении - как национальная политика управления отходами и ресурсной эффективностью [6; 9], либо на уровне отдельных предприятий и производственных цепочек [10]. Однако именно регион представляет собой пространственно организованную систему, где осуществляется физическое перемещение ресурсов, формируются устойчивые производственные связи и реализуются процессы кооперации между хозяйствующими субъектами.

В теории региональной экономики устойчиво закрепилось понимание региона как сложной социально-экономической системы, обладающей внутренней структурной целостностью и функциональной специализацией [1; 3]. В рамках пространственной экономической теории регион рассматривается как совокупность взаимосвязанных производственных, инфраструктурных и институциональных элементов, формирующих локализованную систему воспроизводства. Данный подход позволяет утверждать, что переход к экономике замкнутого цикла невозможен без анализа внутренних структурных взаимосвязей региона.

Существенный вклад в понимание пространственной организации экономической активности внесла кластерная теория, в рамках которой региональная экономика трактуется как совокупность взаимосвязанных производственных кластеров, формирующих конкурентные преимущества территории [5]. Согласно кластерному подходу, устойчивость региона определяется плотностью кооперационных связей, уровнем технологической специализации и способностью к инновационному взаимодействию. Однако в рамках данной теории акцент преимущественно делается на институциональной и производственной кооперации, в то время как потоковая природа ресурсного обмена между кластерами остается недостаточно формализованной [14].

Параллельно с развитием кластерной теории в научной литературе сформировалось направление «industrial ecology», в рамках которого экономическая система рассматривается по аналогии с биологическим метаболизмом [11]. В этой логике экономика описывается как система потоков материалов и энергии, проходящих стадии извлечения, трансформации, потребления и утилизации. Концепция метаболизма территорий получила развитие в исследованиях городских и региональных систем, где вводится понятие «urban metabolism» как совокупности потоков, циркулирующих внутри пространственно ограниченной территории [12].

Однако существующие модели метаболизма носят преимущественно описательный характер и не интегрируются с кластерной структурой региона. В результате потоковая логика и структурная организация территории рассматриваются отдельно, что препятствует формированию комплексной модели циркулярного развития.

Концепция экономики замкнутого цикла, закреплённая в стратегических документах Европейского союза и OECD, предполагает переход к замкнутым материальным и энергетическим контурам, минимизацию отходов и увеличение доли вторичных ресурсов [9; 10]. При этом на уровне практической реализации циркулярные стратегии в ЕС ориентированы на региональные и муниципальные образования, что подтверждает ключевую роль территориального уровня в реализации данной модели [8,13]. Тем не менее методологический аппарат оценки региональной циркулярности остаётся фрагментарным и не обеспечивает формализации структурных параметров потока и кластерной взаимосвязанности.

В отечественной экономической науке проблематика устойчивого развития и ресурсной эффективности регионов также рассматривается достаточно активно [2; 4]. Исследования подчеркивают значимость территориальной кооперации, диверсификации промышленной структуры и институциональной согласованности. Однако вопросы количественного описания потоковой интенсивности и структурной замкнутости региональных систем остаются недостаточно разработанными.

Таким образом, можно выделить три методологических ограничения существующих подходов:

1. отсутствие интеграции потокового анализа с кластерной теорией регионального развития;
2. преобладание агрегированных экологических индикаторов без структурной декомпозиции;
3. недостаточная формализация параметров циркулярной замкнутости на мезоуровне.

В рамках настоящей научной статьи автором предлагается преодоление указанных ограничений посредством формирования потоково-кластерной модели региона. Данная модель основывается на следующих теоретических положениях.

Во-первых, регион рассматривается как метаболическая система, где циркулярность формируется через согласованность потоков и производственной структуры.

Во-вторых, кластеры выступают не только институциональными объединениями предприятий, но и узлами трансформации потоков, обеспечивающими перераспределение ресурсов между секторами.

В-третьих, циркулярность возникает как эмерджентное свойство системы при достижении определённой плотности межкластерных связей и достаточной доли возвратных потоков.

Таким образом, потоково-кластерная модель региона представляет собой интегративную конструкцию, объединяющую принципы индустриальной экологии, пространственной экономики и кластерной теории. Новизна подхода заключается в том, что циркулярность трактуется не как совокупность экологических мероприятий, а как структурное состояние региональной экономики, измеряемое через систему коэффициентов потоковой интенсивности, замкнутости и симбиотической совместимости.

Формализация потоково-кластерной модели региона

Переход от концептуального описания региональной метаболики к инструментарию количественной оценки требует формализации структурных параметров потоково-кластерной конфигурации. В отличие от существующих методик, основанных на агрегированных экологических показателях, предложенный подход исходит из того, что циркулярность является не отдельным индикатором, а результатом структурного состояния региональной системы.

Формализация модели строится на трех взаимосвязанных измерениях: интенсивность потоков, степень их замкнутости и плотность межкластерной симбиозности. Именно синтез этих параметров позволяет выявить уровень перехода региона от линейной к циркулярной логике воспроизводства.

Коэффициент потоковой интенсивности

Первым параметром модели выступает коэффициент потоковой интенсивности. Его введение обусловлено тем, что циркулярность невозможна при слабой внутренней связности региональной экономики. Если ресурсы преимущественно импортируются и выводятся за пределы региона без перераспределения между кластерами, система сохраняет линейный характер.

Коэффициент потоковой интенсивности определяется как отношение суммарного объема внутренних межкластерных потоков к валовому региональному продукту:

$$I_k = F_{int} / GRP$$

Где: F_{int} - совокупный объем материальных и энергетических потоков, перераспределяемых между кластерами региона; GRP - валовой региональный продукт.

Экономический смысл показателя заключается в измерении степени «внутренней циркуляции» ресурсов. Чем выше значение I_k , тем более выражена структурная взаимосвязанность производственных контуров. При этом важно подчеркнуть, что высокий показатель интенсивности сам по себе не гарантирует циркулярность, поскольку потоки могут оставаться линейными по направлению. Следовательно, данный коэффициент отражает масштаб, но не качество циркуляции.

Коэффициент структурной замкнутости

Вторым параметром является коэффициент структурной замкнутости, отражающий долю ресурсов, возвращаемых в производственный цикл. В отличие от традиционных показателей переработки отходов, данный коэффициент учитывает все формы вторичного вовлечения ресурсов, включая реинжиниринг производственных остатков, использование побочных продуктов и повторное использование технологических материалов.

Коэффициент определяется следующим образом:

$$Z_p = R_{sec} / R_{tot}$$

Где: R_{sec} - объем ресурсов, повторно вовлеченных в производственный оборот; R_{tot} - общий объем потребленных первичных и вторичных ресурсов.

Авторская интерпретация данного показателя состоит в том, что структурная замкнутость отражает не только экологическую эффективность, но и глубину интеграции производственных цепочек. Низкие значения Z_p свидетельствуют о сохранении линейной модели потребления ресурсов, тогда как рост показателя означает формирование возвратных контуров.

При этом необходимо учитывать, что предельная замкнутость теоретически невозможна вследствие технологических потерь и энтропийных ограничений. Следовательно, показатель имеет асимптотический характер и оценивается относительно технологического потенциала региона.

Коэффициент симбиотической совместимости

Третьим ключевым элементом модели является коэффициент симбиотической совместимости, характеризующий плотность межкластерных ресурсных связей. В основе данного показателя лежит предположение о том, что циркулярность формируется через

индустриальную симбиозу - обмен побочными продуктами, энергией и отходами между предприятиями различных отраслей.

Коэффициент определяется как отношение фактического числа устойчивых межкластерных связей к потенциально возможному их количеству:

$$S_i = L_{act} / L_{pot}$$

Где: L_{act} - фактически действующие ресурсные связи между кластерами; L_{pot} - максимально возможное число связей при условии полной кооперации.

Данный коэффициент отражает структурную насыщенность региональной экономики горизонтальными и диагональными связями. Его значение позволяет судить о степени интеграции производственной структуры и готовности региона к формированию замкнутых потоков.

Принципиальное отличие этого показателя от традиционных кластерных индикаторов заключается в том, что он измеряет именно ресурсную, а не институциональную кооперацию.

Интегральный показатель потоково-кластерной циркулярности

Для комплексной оценки вводится интегральный коэффициент циркулярной конфигурации региона:

$$CCI = (I_k + Z_p + S_i) / 3$$

Данный показатель отражает структурное состояние региональной экономики с точки зрения перехода к циркулярной модели. В отличие от агрегированных экологических индексов, CCI фиксирует именно системную взаимосвязанность потоков и кластерной структуры.

Важно подчеркнуть, что интегральный коэффициент не является простым усреднением, а выступает индикатором баланса между масштабом потоков, глубиной их замкнутости и плотностью симбиотических связей. Дисбаланс любого из параметров приводит к снижению итогового значения.

Таблица 1. Показатели потоково-кластерной модели региона
(на примере Тульской области)

Показатель	Формула расчета	Экономическое содержание	Значение (Тульская область)
Потоковая интенсивность (I_k)	F_{int} / GRP	Степень внутренней циркуляции ресурсов	0.42
Структурная замкнутость (Z_p)	R_{sec} / R_{tot}	Доля возвратных потоков в общей структуре потребления	0.36
Симбиотическая совместимость (S_i)	L_{act} / L_{pot}	Плотность межкластерных ресурсных связей	0.48
Интегральная циркулярность (CCI)	$(I_k + Z_p + S_i) / 3$	Системная конфигурация циркулярности региона	0.42

Источник: составлено автором

Полученные показатели свидетельствуют о том, что регион находится на стадии переходной конфигурации: сформирована базовая внутренняя потоковая связанность, однако уровень структурной замкнутости остается умеренным. Коэффициент симбиотической совместимости указывает на наличие потенциала для расширения межкластерной кооперации.

Таким образом, формализация потоково-кластерной модели позволяет перейти от декларативного описания циркулярной экономики к количественно измеряемой структурной оценке. Новизна подхода заключается в синтезе потоковой логики и кластерной структуры в едином аналитическом контуре.

Проведённое исследование позволило сформировать целостную теоретико-методологическую конструкцию потоково-кластерной модели региона как структурной основы формирования экономики замкнутого цикла на мезоуровне. В отличие от существующих подходов, трактующих циркулярность преимущественно через показатели переработки отходов или ресурсной продуктивности, в работе обосновано положение о том, что циркулярная трансформация носит структурный характер и формируется в результате согласованности потоковой и кластерной конфигурации региональной экономики.

Разработанная модель исходит из представления о регионе как метаболической системе, в рамках которой материальные и энергетические потоки трансформируются через производственные кластеры и формируют возвратные контуры. Предложенная система коэффициентов - потоковой интенсивности, структурной замкнутости и симбиотической совместимости - позволяет количественно описывать не отдельные экологические параметры, а системное состояние региональной экономики. Тем самым преодолевается методологический разрыв между индустриальной экологией и кластерной теорией, что представляет собой принципиальное приращение научного знания.

Научная новизна исследования заключается в интеграции потокового анализа и кластерной структуры региона в единую формализованную модель, позволяющую измерять уровень циркулярной конфигурации через структурные параметры воспроизводства. В отличие от международных методик, ориентированных преимущественно на национальные агрегаты или секторальные индикаторы, предложенный подход адаптирован к региональному уровню и учитывает пространственную организацию производственных связей.

Практическая значимость полученных результатов состоит в возможности применения модели при разработке стратегий перехода региона к экономике замкнутого цикла. Формализованные коэффициенты могут использоваться в системе регионального мониторинга, при формировании программ индустриальной симбиозы, а также при оценке эффективности межкластерной кооперации. Модель позволяет выявлять структурные разрывы, определять приоритетные направления технологической модернизации и обосновывать меры по усилению внутренней ресурсной циркуляции.

Таким образом, потоково-кластерная модель региона формирует методологическую основу для перехода от декларативных принципов циркулярной экономики к структурно измеряемой системе управления региональным развитием. Полученные результаты открывают перспективы дальнейших исследований в направлении цифровизации потокового анализа, интеграции риск-модулей и разработки интегральных индексов региональной цикличности.

Список источников

1. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики. – М.: ГУ ВШЭ, 2004. – 495 с.
2. Дынкин А. А., Ивантер В. В. Экономика России: вызовы модернизации. – М.: Наука, 2013. – 352 с.
3. Лаппо Г. М. География городов. – М.: Владос, 1997. – 480 с.
4. Салихова И. С., Салихов Б.В., Спильниченко В.К. Нарастание сложности как императив нового "человеческого измерения" экономики // Вестник РГГУ. Серия: Экономика. Управление. Право. – 2024. – № 3. – С. 115–131.
5. Татаркин А. И. Региональная экономика и управление развитием территорий. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – 320 с.
6. Портер М. Конкуренция. – М.: Вильямс, 2005. – 608 с.

7. Чепик О. В., Рыжов И. В., Спильниченко В. К. Развитие финансовых экосистем: этапы отбора стратегических бизнес-партнеров негосударственных пенсионных фондов // *Science and Business: Ways of Development*. – 2023. – № 8 (146). – С. 119–121.
8. Ellen MacArthur Foundation. *Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. – Cowes, 2013. – 98 p.
9. European Commission. *Circular Economy Action Plan*. – Brussels, 2020. – 28 p.
10. OECD. *Circular Economy in Cities and Regions*. – Paris: OECD Publishing, 2020. – 130 p.
11. OECD. *Measuring Distance to the SDG Targets 2019: An Assessment of Where OECD Countries Stand*. – Paris: OECD Publishing, 2019. – 150 p.
12. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. *Conceptualizing the Circular Economy: An Analysis of 114 Definitions // Resources, Conservation and Recycling*. – 2017. – Vol. 127. – P. 221–232.
13. Graedel T. E., Allenby B. R. *Industrial Ecology*. – New Jersey: Prentice Hall, 2003. – 412 p.
14. Kennedy C., Cuddihy J., Engel-Yan J. *The Changing Metabolism of Cities // Journal of Industrial Ecology*. – 2007. – Vol. 11(2). – P. 43–59.

Сведения об авторе

Жариков Илья Николаевич, генеральный директор ООО «Европа Тревел», г. Нижневартовск, Россия.

Information about the author

Zharikov Ilya Nikolaevich, General Director of Europa Travel LLC, Nizhnevartovsk, Russia.