

УДК 338

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ДИАГНОСТИКЕ ЦИРКУЛЯРНОСТИ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

А.С. Брылева

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, email: sandram2010@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена преодолению методических ограничений существующих систем оценок циркулярной экономики на региональном уровне. На основе критического анализа существующих подходов выявлены их ключевые ограничения для применения: макроориентированность, отсутствие процессной детализации, слабый учет отраслевой специфики, и ориентация на ограниченный набор учитываемых принципов 3R. В качестве решения предлагается авторский процессно-ориентированный подход, основанный на трех взаимосвязанных аспектах: декомпозиции на стадии жизненного цикла ресурсов («вход-производство-результат-потребление-выход»), интеграции 9R-принципов, адаптации к отраслевой структуре через механизм взвешивания показателей. Предложенный подход позволяет перейти от констатации общего уровня циркулярности к диагностике конкретных «узких мест» и разработке адресных мер политики. Определены перспективные направления для дальнейших исследований, включая разработку отраслевых коэффициентов и апробацию подхода в регионах с различной специализацией.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, циркулярная экономика, методика оценки, процессный подход, региональная экономика, 9R, отраслевая специфика.

DEVELOPMENT OF A PROCESS-ORIENTED APPROACH TO DIAGNOSING THE CIRCULARITY OF A REGIONAL ECONOMY

A.S. Bryleva

Perm National Research Polytechnic University, Perm, email: sandram2010@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to overcoming the methodological limitations of existing systems for assessing the circular economy at the regional level. Based on a critical analysis of existing approaches, their key limitations for application are identified: macro-focus, lack of process detailing, poor consideration of industry specifics, and focus on a limited set of 3R principles taken into account. As a solution, the author proposes a process-oriented approach based on three interrelated aspects: decomposition at the stage of the resource life cycle ("input-production-result-consumption-output"), integration of 9R principles, adaptation to the industry structure through the mechanism of weighing indicators. The proposed approach allows moving from stating the general level of circularity to diagnosing specific "bottlenecks" and developing targeted policy measures. Promising areas for further research are identified, including the development of industry coefficients and testing the approach in regions with different specializations.

Keywords: circular economy, closed-loop economy, evaluation framework, process approach, regional economy, 9R, industry-specific focus.

Дата поступления статьи в редакцию: 13.08.2025

Дата принятия статьи в печать: 18.09.2025

Введение

Трансформация линейной модели экономики, основанной на принципах «добыть – произвести – выбросить», в циркулярную является одним из ключевых условий достижения целей устойчивого развития [1]. Эта необходимость обусловлена исчерпанием природных ресурсов, ростом загрязнения окружающей среды и обострением климатических кризисов [2]. В отличие от линейной модели экономика замкнутого цикла (ЭЗЦ) нацелена на замкнутость материальных потоков, максимальное использование вторичных ресурсов, продление жизненного цикла продуктов и минимизацию отходов [3].

Особую актуальность эта трансформация приобретает в Российской Федерации (РФ), сохраняющей индустриальный профиль и сталкивающаяся с устойчивыми негативными тенденциями: постоянным ростом объема образования отходов, низким уровнем их переработки и доминированием добывающих отраслей в структуре образования отходов. При этом к ЭЗЦ в России характеризуется значительной территориальной неравномерностью, что связано с различным уровнем экологической нагрузки, отраслевой специализацией и неоднородной восприимчивостью регионов к экологическим вызовам.

Регионы играют ключевую роль в этой трансформации, выступая в качестве «связующего звена» в масштабировании мероприятий циркуляциии экономики, создавая среду для предприятий и являясь пространством для национальных программ [4].

Анализ существующих методик оценки показывает, что, несмотря на их разнообразие, зачастую носят слишком обобщенный характер, и что наиболее важно, не показывают на конкретных стадиях жизненного цикла ресурсов «узкие места», что затрудняет разработку адресной региональной политики с разной структурой экономики.

Цели исследования

Исследование направлено на разработку теоретически обоснованного диагностического подхода к оценке уровня развития циркулярности экономики региона, ориентированного на выявление проблемных зон и учитывающего отраслевую специфику.

Материал и методы исследования

Несмотря на значительный вклад существующих методик оценки циркулярной экономики, таких как «Система показателей оценки NDRC для экономики замкнутого цикла» Национальной комиссии по развитию и реформам Китая, «Системный индекс региональной циркулярной экономики» («The Regional Circular Economy Index System») [5], «Система показателей оценки экономики замкнутого цикла» («Circular economy evaluation indicator system») [6], ((expanded) material flow monitor (MFM(+)), «Индекс развития циркулярной экономики для отраслей промышленности», («Circular Economy Development Index») (CEDI) [7], «Методика оценки ресурсосберегающих производственных систем в экономике замкнутого цикла» [8], «Оценка эффектов циркуляризации» [9], их применение для анализа на региональном уровне сопряжено с рядом системных ограничений. Данные методики эффективны для решения задач на макроуровне или специфических отраслей, что не обеспечивает необходимой глубины и детализации для проведения всесторонней диагностики циркулярности в рамках отдельных субъектов РФ.

Основные критические ограничения, снижающие эффективность этих подходов для регионального управления, систематизированы в таблице 1.

Таблица 1

Ограничения существующих методик оценки для регионального анализа

Ограничения	Проявления в анализируемых методиках	Следствие для регионального управления
Доминирование макроуровня	«Система показателей оценки NDRC» Национальной комиссии по развитию и реформам Китая и Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. [6] разработаны преимущественно для национальных задач и стратегического планирования	Непригодность для сравнительного анализа регионов РФ и выявления дифференциации. Невозможность разработки адресных мер.
Отсутствие процессной составляющей	Ни одна из представленных методик не привязана к стадиям жизненного цикла ресурсов («вход-производство-результат-потребление-выход»)	Невозможность идентифицировать на какой стадии возникают «узкие места», препятствующие замыканию материальных потоков в регионе
Слабый учет отраслевой специфики	Методики Jia C., Zhang J. [5], Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер, М.А. Ветрова [7], О. В Минулина., А. И. Шинкевич [8] либо не учитывают ее, либо узконаправлены (например, на нефтехимию)	Невозможность отразить реальную структуру экономики разноспециализированных регионов (например, промышленных, аграрных)
Ориентация на 3R, а не 9R	Фокус таких методик, как Jia C., Zhang J. [5], «Система показателей оценки NDRC» Национальной комиссии по развитию и реформам Китая на сокращение, повторное использование и переработку (3R), игнорирует стратегии другого порядка	Не стимулирует переход к более эффективным стратегиям для повышения циркулярности, ограничиваясь на конечной обработке отходов
Зависимость от доступности данных/пригодности данных	Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. [6] и другие международные системы требуют детализированных данных по материальным потокам, которые в РФ не собираются или являются закрытыми. Методики, подобные подходу Н. А. Косолаповой, Л. Г. Матвеевой, А. Ю. Никитаевой, О. А. Черновой [9] пытаются измерить сложные драйверы с помощью агрегированных и непрофильных данных статистики, которые могут не отражать суть явлений	Отсутствие практической реализации на основе официально доступной информации для большинства регионов, что делает невозможным построение точных диагностических и прогнозных моделей для принятия управленческих решений

Проведенный анализ демонстрирует, что существующий методический инструментарий не отвечает ключевой задаче регионального управления – проведению диагностики, а не констатации. Отсутствие процессного подхода, механизмов учета отраслевой структуры и адаптации к российским реалиям сбора данных не позволяет выявить конкретные причинно – следственные связи и «узкие места» в экономике региона. Таким образом, возникает потребность в разработке нового подхода, ориентированного на решение этих задач и обеспечивающего переход от оценки к управленческой диагностике.

Концептуальные основы авторского подхода

В качестве концептуального каркаса были приняты принципы циркулярной экономики, систематизированные в рамках 9R – концепции: R0 Refuse (Отказ); R1 Rethink (Переосмысление); R2 Reduce (Сокращение); R3 Reuse (Повторное использование); R4 Repair (Ремонт); R5 Refurbish (Восстановление/Реновация); R6 Remanufacture (Повторное производство); R7 Repurpose (Перепрофилирование); R8 Recycle (Рециклинг/Переработка); R9 Recover (Рекуперация энергии), обобщенной Европейской экономической комиссией ООН на основании исследований ученых Университета Утрехта (Нидерланды) [10]. Данные принципы выстроены в порядке убывания предпочтительности – от наиболее эффективных с точки зрения циркулярности (R0) к наименее эффективным (R9). Протасеня С. И., Сорокин В. Г., Саврас С. А. в своем фундаментальном исследовании показывают, что реализация этих принципов происходит на различных этапах жизненного цикла продукта: от проектирования и производства до эксплуатации и утилизации [11].

В статье Титовой Н.Ю. подчеркивается, что эти принципы циркулярной экономики являются ключевыми для достижения целей устойчивого развития (ЦУР) Организации Объединённых Наций (ООН). Автор отмечает, что существующие показатели устойчивого развития охватывают в основном только три принципа: R2 Reduce (Сокращение); R3 Reuse (Повторное использование), R8 Recycle (Рециклинг/Переработка), в то время как остальные шесть на макроуровне статистического наблюдения часто оказываются невозможным применить на практике [12].

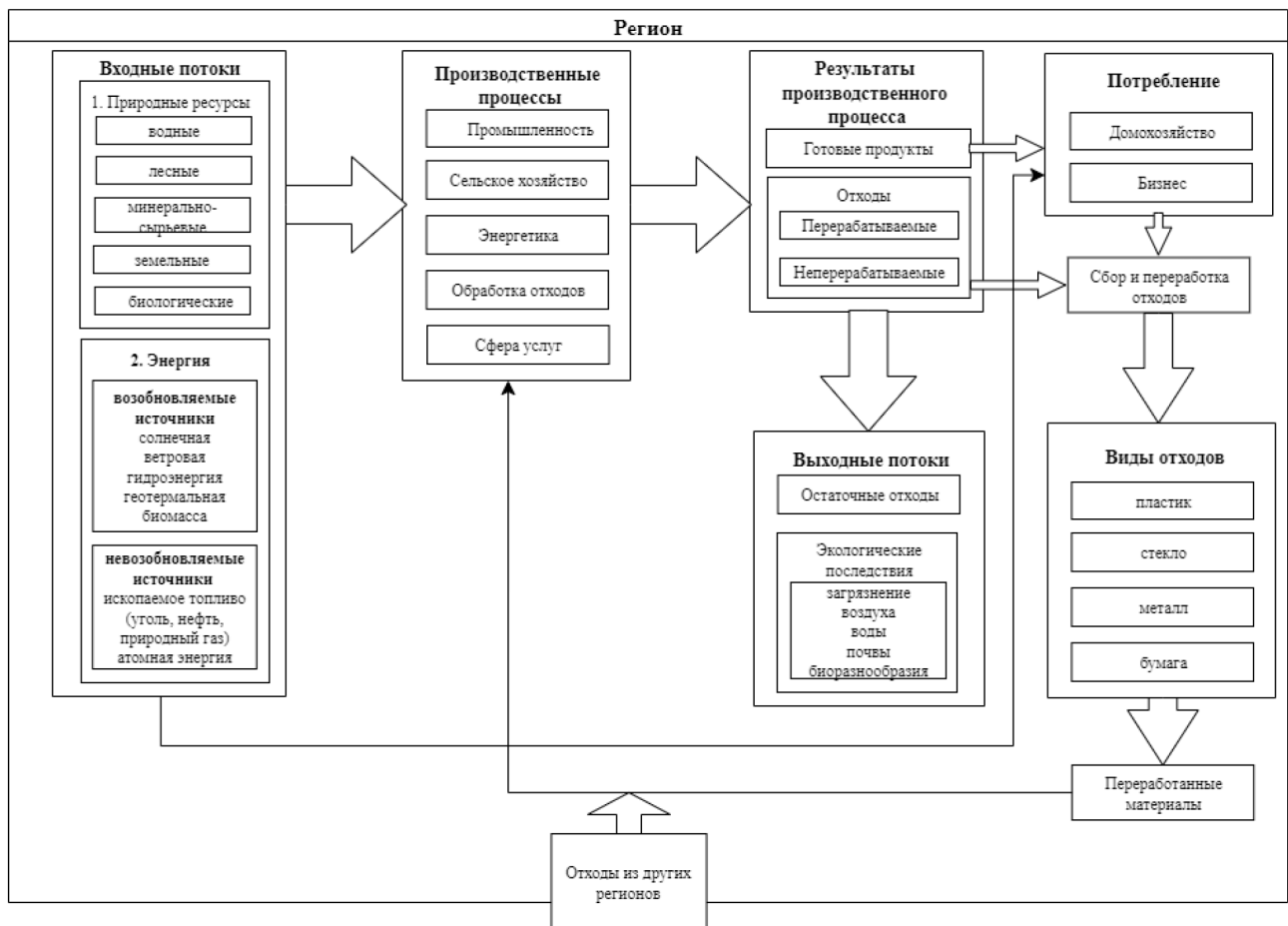


Рис. 1. Процессная модель региональной экономической системы

Также был учтен предложенный Титовой Н.Ю. и основанный на работах Н. Wu, Ратнер С. В. подход «входы-выходы» для анализа циркулярной экономики. В данном исследовании он был развит и детализирован также в соответствии с моделью, предложенной Протасеня С. И., Сорокин В. Г., Саврас С. А. [11], до процессной модели региональной экономической системы, включающей блоки, представленные на рисунке 1.

1. Входные потоки. Блок характеризует зависимость региональной экономики первичных природных ресурсов и источников энергии, уровень ее интеграции в системы использования вторичного сырья. Ключевыми метриками здесь выступают объемы изъятия и потребления первичных материальных ресурсов, потребление энергии из всех источников. Данная стадия соответствует принципу R2 Reduce (Сокращение).

2. Производственные процессы. Блок характеризует внедрение циркулярных бизнес-моделей и оценивает эффективность трансформации ресурсов на стадии производства. Данная стадия соответствует принципам R1 Rethink (Переосмысление), R3 Reuse (Повторное использование).

3. Результаты производственного процесса (готовые продукты, отходы). Блок фокусируется на качественных характеристиках произведенной продукции. Ключевыми аспектами здесь являются: способность к длительному жизненному циклу (R4 Repair (Ремонт)), восстановлению и модернизации до нового изделия (R5 Refurbish (Восстановление/Реновация)), технологическая готовность к процессу ремануфактуринга (R6 Remanufacture (Повторное производство)), который предполагает глубокое восстановление продуктов и их компонентов с гарантией качества как в новом продукте. Здесь учитываются показатели продукции, спроектированной в соответствии с принципами циркулярного дизайна. Отходы рассматриваются как побочные продукты технологического процесса для оценки потенциала их дальнейшего возврата в хозяйственный оборот.

4. Потребление домохозяйствами, бизнесом. Блок представляет собой переход со стадии производства на модели конечного потребления, где закрепляются поведенческие характеристики домохозяйств и бизнеса. Ключевыми аспектами здесь являются: интенсивность повторного использования (R3 Reuse (Повторное использование)), распространенность практик перепрофилирования товаров путем адаптации продуктов и их компонентов для выполнения новых функций (R7 Repurpose (Перепрофилирование)), использование практик ремонта и восстановления вместо отказа от них и замены (R4 Repair (Ремонт); R5 Refurbish (Восстановление/Реновация)).

5. Выходные потоки/отходы. Завершающий блок модели осуществляет комплексную оценку эффективности системы обращения с отходами производства и потребления, который рассматривается как важный элемент инфраструктуры для замыкания материальных потоков. Здесь оценивается способность региональной экономики материалов и трансформировать отходы во вторичные материальные и энергетические ресурсы. Ключевыми аспектами здесь являются: обращение с отходами и уровень их рециклинга (R8 Recycle (Рециклинг/Переработка)), R9 Recover (Рекуперация энергии).

Предложенная модель позволяет перейти от учета лишь входных и выходных потоков к оценке внутренних процессов региона: от их извлечения до конечной утилизации с акцентом на ключевые точки – производственные процессы, их результаты и модели потребления, что необходимо для разработки адресной политики стимулирования ЭЗЦ.

Таким образом, разработанная модель на основе процессного подхода создает теоретико-методический фундамент для количественной оценки уровня циркулярности экономики региона. Но, ее применение требует решения двух ключевых задач: во-первых, агрегация частных показателей в интегральный, во-вторых, учет существенной отраслевой неоднородности регионов, которая предопределяет различный потенциал для перехода к ЭЗЦ.

Выбор базового индекса циркулярности (БИЦ) в качестве результирующего показателя для оценки уровня развития циркулярности экономики региона обусловлен рядом методических и практических причин, соответствующих комплексному характеру исследуемой концепции. Во-первых, индексы обеспечивают сопоставимость данных, устраняя влияние масштаба экономики и позволяя сравнивать регионы с разным уровнем развития; во-вторых, помогают идентифицировать факторы, влияющие на развитие циркулярной экономики; в-третьих, агрегируют множество показателей в одну метрику, что позволяет упростить мониторинг изменений за несколько лет и принятие решений. В своей работе Хаертдинова А. А. отмечает, что «наиболее приемлемым вариантом представляется оценка уровня циркулярности страны по агрегированному показателю» и «исходя из необходимости разработки обобщающего индикатора оценки развития циркулярности страны исследуемые показатели можно свести в определенные группы показателей: микро-, мезо-, макроуровень» [13].

БИЦ обеспечивает сопоставимую оценку для всех субъектов РФ на основе прозрачного и воспроизводимого алгоритма, опирающегося на общедоступные данные статистики независимо от экономической специализации. Он отражает «ядро» циркулярности и базируется на процессном подходе и принципах 9R, что позволяет оценить эффективность обращения с материальными потоками на трех критически важных стадиях:

1. Входные потоки – минимизация потребления первичных ресурсов (Принцип: Reduce).
2. Производственные процессы – многократное использование ресурсов в замкнутых циклах (Принцип: Reuse).
3. Выходные потоки – возврат отходов в хозяйственный оборот (Принцип: Recycle) (рис. 2).

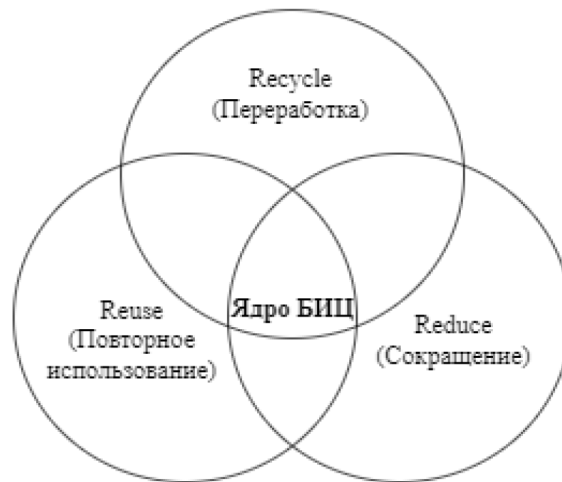


Рис. 2. Принципы «Ядра» базового индекса циркулярности (БИЦ)

Применение данных принципов связано с тем, что подавляющее большинство макроэкономических показателей, доступных для статистического наблюдения используют лишь базовые принципы (R2 Reduce (Сокращение), R3 Reuse (Повторное использование), R8 Recycle (Рециклинг/Переработка)). В то же время более сложные и комплексные принципы «не находят отражения среди существующих показателей, предложенных на макроуровне» [12].

Также методика отбора показателей для построения индекса основана на фундаментальном принципе иерархии обращения с отходами, закрепленной в Директиве Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2008/98/ЕС от 19 ноября 2008 г. Согласно данной иерархии, приоритет отдается стратегиям предотвращения образования отходов (R0 – R2, «Входные потоки»), затем их повторного использования (R3 – R7, «Производственные процессы»), в последнюю очередь переработке и утилизации (R8 – R9, «Выходные потоки»).

Для реализации данных принципов был осуществлен отбор ключевых показателей, каждый из которых оценивает свой аспект циркулярности:

1. Входные потоки: Потребление первичных ресурсов и сырья для экономики региона (Принцип: Reduce)

Ресурсоэффективность, руб./руб = валовой региональный продукт (ВРП)/промежуточное потребление.

Показатель измеряет сколько рублей ВРП производится на рубль затраченных материалов и услуг. Чем выше это значение, тем меньше ресурсов тратится на создание единицы продукта.

Энергоемкость, тонн/тыс.руб. = Количество израсходованных топливно-энергетических ресурсов / ВРП.

Показатель измеряет сколько топливно-энергетических ресурсов требуется экономике региона, чтобы произвести рубль ВРП.

Чем ниже значение показателя, тем лучше, поскольку региону требуется меньше энергии для создания той же стоимости. Это может говорить о высокотехнологичных и энергоэффективных производствах, внедрения энергосберегающих технологий, структурных сдвигов в экономике в пользу менее энергозатратных отраслей.

Если высокая энергоемкость, то это означает, что экономика региона «расточительна», она тратит много энергии на создание единицы стоимости. Это может говорить об устаревшем, энергозатратном оборудовании, доминировании энергоемких отраслей.

2. Производственные процессы: Эффективность использования ресурсов в процессе (Принцип: Reuse)

Доля оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, % = Объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, млн куб. метров / (Объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения, млн куб. метров + Забор воды из природных водных объектов (ежегодно), млн куб. метров) * 100%

Данный показатель отражает долю воды, используемой в системах многократного (оборотного и последовательного) водоснабжения от общего объема воды, вовлеченного в производственный цикл. Превышение объема оборотной воды над объемом забора свежей воды ожидаемо, в особенности для промышленно развитых регионов, поскольку отражает использование одного и того же водного ресурса в замкнутых технологических циклах.

Высокие значения данного показателя свидетельствуют о значительном снижении нагрузки на природные водные ресурсы.

3. Выходные потоки: Эффективность обращения с отходами (Принцип: Recycle)

Доля утилизированных отходов для повторного применения (рециклинг), % = утилизированных отходов для повторного применения (рециклинг) / Образование отходов за год, тонн * 100%

Это прямой и наиболее важный показатель, отражающий региональную способность перерабатывать отходы и возвращать их в производственный цикл.

Для регионов с выраженной отраслевой специализацией (например, промышленной, аграрной) вводится механизм весовых коэффициентов, позволяющий скорректировать оценку в зависимости от вклада ключевой отрасли в экономику региона.

Для промышленного региона с высокой долей обрабатывающих производств больший вес будут иметь показатели, связанные с ресурсоэффективностью, безотходностью, ремануфактурингом. Для аграрного региона высший приоритет приобретают показатели, отражающие эффективность использования водных, лесных, земельных ресурсов, внедрение замкнутых циклов в агропромышленные комплексы и переработку органических отходов. Для ресурсодобывающего региона акцент смещается на снижение нагрузки на окружающую среду и вовлечения вторичных ресурсов в оборот.

Конкретный механизм расчета весовых коэффициентов на основе вклада отраслей в валовой региональный продукт – представляет отдельную методическую задачу и будет раскрыт в рамках последующих исследований. Это направление представляет значительный интерес для будущих работ, связанных с разработкой индекса циркулярности на основе процессно-факторного подхода, а также с анализом взаимосвязи между специализацией территории и потенциалом ее перехода к экономике замкнутого цикла.

Выводы

Проведенное исследование позволило разработать новый методический подход к оценке уровня развития циркулярности экономики региона, который преодолевает ключевые ограничения существующих систем оценки.

Предложенная модель позволяет перейти от учета лишь входных и выходных потоков к оценке внутренних процессов региона, что позволяет не только констатировать уровень циркулярности, но и выявлять конкретные «узкие места» в системе ресурсооборота региона. Кроме того, декомпозиция оценки на стадии жизненного цикла ресурсов в процессной модели региональной экономической системы обеспечивает детализацию анализа и определяет точки приложения управленческих воздействий, в частности разработки адресной политики стимулирования ЭЗЦ. Внедрение механизма взвешивания показателей на основе структуры валовой добавленной стоимости позволит адаптировать оценку к экономическому профилю региона и избежать методической погрешности при сравнении разнотипных регионов. А комплексный охват R – стратегий обеспечивает переход от оценки конечных процессов переработки отходов к анализу возможностей трансформации экономики региона.

Литература

1. Geissdoerfer M., Savaget P., Bocken N.M.P., Hultink E.J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 143. P. 757-768.
2. IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2022.
3. Stahel W.R. The circular economy. // *Nature*. 2016. Vol. 531(7595). P. 435-438.
4. Елохова И.В., Буторина О.В., Брылева А.С. Методические подходы к оценке развития экономики замкнутого цикла на региональном уровне: компаративный обзор // *Финансовый менеджмент*. 2025. № 2. С. 95-102.
5. Jia C., Zhang J. Evaluation of Regional Circular Economy Based on Matter Element Analysis // *Procedia Environmental Sciences*. 2011. № 11. P. 637-640.
6. Geng Y., Fu J., Sarkis J., Xue B. Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis // *Journal of Cleaner Production*. 2012. № 23. P. 216-224.
7. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. 2017. Т. 33, № 2. С. 244-268. DOI: 10.21638/11701/spbu05.2017.203.
8. Минулина О.В., Шинкевич А.И. Методика оценки ресурсосберегающих производственных систем в экономике замкнутого цикла // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2022. Т. 24, № 2 (106). С. 33-41. DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-2-33-41.
9. Косолапова Н.А., Матвеева Л.Г., Никитаева А.Ю., Чернова О.А. Драйверы формирования циркулярной экономики: теория vs практика // *Terra Economicus*. 2023. Т. 21, № 2. С. 68-83. DOI: 10.18522/2073-6606-2023-21-2-68-83.
10. Potting J., Hekkert M., Worrell E., Hanemaaijer A. *Circular economy: measuring innovation in the product chain: policy report* / J. Potting. – The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017. 46 p.
11. Протасеня С.И., Сорокин В.Г., Саврас С.А. Концептуальные основы формирования модели экономики замкнутого цикла // *Вестник Гродненского государственного университета имени Янки Купалы. Серия 5. Экономика. Социология. Биология*. 2025. Т. 15, № 1. С. 37-51.
12. Титова Н.Ю. Обзор методических подходов к оценке уровня устойчивого развития и циркулярной экономики // *Вестник Пермского университета. Серия: Экономика*. 2022. Т. 17. № 3. С. 288-303.
13. Хаертдинова А.А. Методы оценки размеров экономики замкнутого цикла // *Вестник евразийской науки*. 2022. Т. 14. № 4. [Электронный ресурс]. URL: <https://esj.today/PDF/22ECVN422.pdf> (дата обращения 02.08.2025).