

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

А.В. СТАНОВСКАЯ

(Белорусский государственный экономический университет, Минск)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9340-2014>

В настоящее время важным пунктом в глобальной повестке дня является достижение устойчивого развития, которое невозможно без перехода к рациональным моделям производства и потребления. Действенные бизнес-модели для обеспечения более эффективного ресурсопользования предлагает концепт циркулярной экономики (экономики замкнутого цикла). Для мониторинга прогресса в области перехода к циркулярной экономике необходимы индикаторы, отличные от тех, которые применяются в линейной экономике. В статье приводятся результаты аналитического обзора и сравнения наиболее распространенных в англо- и русскоязычных научных исследованиях методических подходов к оценке экономики замкнутого цикла на локальном уровне. Указаны достоинства и недостатки данных подходов, области их возможного применения. Сделан вывод об узости трактовки концепта циркулярной экономики в проанализированных работах и необходимости разработки специального инструмента для оценки циркулярной экономики предприятия.

Ключевые слова: циркулярная экономика, экономика замкнутого цикла, уровень развития, индикатор.

Введение. Линейная модель экономики, основанная на принципе «добывай, производи, выбрасывай» («take, make, waste»), показывает свою нежизнеспособность в условиях быстрого роста населения, истощения природных ресурсов, загрязнения почв, вод, атмосферного воздуха, образования значительных объемов отходов производства и потребления. В связи с этим актуальным является «замыкание» ресурсного цикла для того, чтобы ресурсы находились в экономической системе как можно дольше, а значит, дольше сохраняли максимально возможную ценность и качество, т.е. необходим переход от нынешней линейной к циркулярной модели экономики. На наш взгляд, **циркулярная экономика** (англ. *circular economy, closed-loop economy, cyclic economy*) – это модель экономики, основанная на замкнутых циклах материальных и энергетических потоков, которые позволяют сохранить ценность продуктов, материалов и ресурсов в экономике как можно дольше, способствуя развитию моделей рационального производства и потребления, которые приведут к повышению благосостояния людей в долгосрочной перспективе, для достижения целей устойчивого развития и удовлетворения потребностей настоящего и будущих поколений¹.

Важную роль в переходе страны к циркулярной экономике (ЦЭ) играют первичные звенья экономической системы – предприятия, которые объединяют для производства продукции материальные, трудовые и финансовые ресурсы. Непосредственно в ходе производственных процессов на предприятии генерируются основные вмешательства в окружающую природную среду: образование отходов производства, выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сброс сточных вод. Результаты функционирования предприятия влияют как на благосостояние населения региона и страны в целом, так и на экологическое состояние соответствующих территорий в будущем.

Имплементация принципов циркулярной экономики в бизнес в перспективе способна изменить различные аспекты деятельности компании, включая организацию бизнес-процессов, взаимодействие с поставщиками, выбор сырья, транспортных и распределительных сетей, отношения с потребителями и окончание жизненного цикла продукции.

Отсутствие достоверных данных об уровне развития ЦЭ на микроуровне ведет к проблемам управленческого характера, препятствующим выработке адекватной стратегии в области устойчивого развития предприятия. Кроме этого, показатели развития экономики замкнутого цикла необходимы для мониторинга прогресса, чтобы побудить стейкхолдеров на разных уровнях стимулировать имплементацию этой новой модели.

Предполагается, что индикаторы ЦЭ могут использоваться в качестве ключевых показателей эффективности для оценки и сравнения предприятий различными заинтересованными сторонами (партнерами, инвесторами, государственными органами), для информирования потребителей, а также служить основой нормативных изменений и пр. При этом используемые индикаторы должны отражать основную сущность концепта ЦЭ; соотноситься с системой показателей, используемой в компании; быть немногочисленными.

Несмотря на то, что во всем мире опубликовано множество различных исследований, касающихся развития экономики замкнутого цикла на локальном уровне, все еще отсутствует общепринятый подход к определению того, насколько успешно компания переходит от линейной экономики к экономике замкнутого цикла. Здесь чаще всего применяются такие индикаторы, как коэффициент регенерации отходов производства, энерго- и водоемкость производства, удельные выбросы загрязняющих веществ на единицу выпуска продукции и пр. При этом бизнес нередко

¹ Становская, А.В. Теоретико-концептуальные аспекты развития циркулярной экономики [Электронный ресурс] / А.В. Становская // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. – 2021. – С. 436. URL: http://edoc.bseu.by:8080/bitstream/edoc/88457/1/Stanovskaya_435_442.pdf.

предпочитает использовать не те индикаторы, которые дают возможность оценить реальный прогресс в переходе к ЦЭ, а те, данные для которых легче получить. Однако, как известно, «невозможно улучшить то, что невозможно измерить»², поэтому определение индикаторов, которые позволят оценить прогресс в продвижении принципов циркулярной экономики на локальном уровне, является актуальной научно-практической задачей.

Основная часть. В настоящее время существуют различные методики, включающие в себя показатели, которые могут быть частично или полностью использованы для проведения *косвенной* оценки экономики замкнутого цикла на локальном уровне, к их числу можно отнести: индексы Глобальной инициативы по отчетности (The Global Reporting Initiative, GRI), проект ЮНКТАД (Конференции ООН по торговле и развитию) по выбору основных показателей для отчетности компаний о вкладе в достижение ЦУР ООН, показатели международного стандарта ISO 14031, а также показатели оценки жизненного цикла и анализа материальных потоков (MIPS-анализа).

В последние годы для оценки уровня развития экономики замкнутого цикла на микроуровне в научной литературе стали использоваться специальные индексы, которые дают возможность стейкхолдерам понять, насколько успешно внедряются принципы ЦЭ на том или ином предприятии. К таким индексам относятся следующие: The Material Circularity Indicator; The Sustainable Circular Index, The Circular Economy Performance Index, Circular Economy Indicator Prototype, Circular Economy Toolkit и др. Одним из первых специальных показателей для определения уровня экономики замкнутого цикла на предприятии стал *Индикатор циркулярности материала* (The Material Circularity Indicator, MCI), разработанный в 2015 г. исследователями Фонда Эллен Макартур, IT-компании Granta Design и проекта LIFE и представленный в труде «Индикаторы цикличности: подход к измерению цикличности. Методология» («Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. Methodology»)³.

Индикатор MCI показывает, насколько минимизирован линейный материальный поток, и оценивается по следующей формуле⁴:

$$MCI = 1 - LFI \times F(X), \quad (1)$$

где LFI – индекс линейного потока;

F(X) – коэффициент использования продукта, построенный как функция F от полезности X.

Полезность в данной ситуации отражает продолжительность и интенсивность использования анализируемого продукта в сравнении со средними показателями по отрасли.

Индекс линейного потока (LFI) измеряет долю материала, который движется «линейно», учитывает массу материала, полученную из первичных ресурсов для производства продукта, а также массу отходов, подлежащих дальнейшему использованию. Индекс выводится следующим образом:

$$LFI = \frac{V+W}{2M + \frac{W_f + W_c}{2}} \quad (2)$$

где V – масса сырья для производства продукта из первичных ресурсов;

W – масса отходов производства (связанных с производством этого продукта), подлежащих дальнейшему использованию;

M – масса продукта;

W_f – масса не подлежащих дальнейшему использованию отходов, возникающих при переработке продукции (полностью);

W_c – масса не подлежащих дальнейшему использованию отходов, возникающих при переработке частей продукта⁵.

Индикатор MCI принимает значения в пределах 0 ... 1, где более высокая оценка соответствует большему уровню «замкнутости» циклов движения материалов для производства продуктов.

Кроме расчета показателя циркулярности на уровне продукта, MCI может быть использован для оценки уровня замкнутости материальных циклов во всей компании. MCI на уровне предприятия позволяет оценить, насколько оно продвинулось на своем пути от линейного материального потока к циркулярному. Для этого из каждой группы аналогичных продуктов, которые производит компания, выбирается эталонный продукт. Затем производится оценка каждого эталонного продукта по вышеприведенным формулам. Наконец, результаты данной оценки агрегируются в MCI на уровне компании как средневзвешенное значение MCI на уровне продукта. По мнению разработчиков данной методологии, индикатор MCI может применяться для принятия решений в области экологизации продукции, ранжирования поставщиков, составления внутренней отчетности.

Однако несмотря на то, что MCI дает представление о том, какая доля материалов продукта регенерируется, он не принимает во внимание, что это за материалы, и не предоставляет информацию о других воздействиях продукта на окружающую среду, кроме образования отходов. В методологии предполагается, что масса продукта не

² Коданева, С.И. Циркулярная экономика: актуальные подходы к содержанию и измерению [Электронный ресурс] / С.И. Коданева // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 2: Экономика. – 2020. – С. 52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsirkulyarnaya-ekonomika-aktualnye-podhody-k-soderzhaniyu-i-izmereniyu>

³ Circularity Indicators: An Approach to Measuring Circularity. Methodology / Ellen MacArthur Foundation. 2019. URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Circularity-Indicators-Methodology.pdf>.

⁴ Там же. – С. 30.

⁵ Там же. – С. 28.

меняется от производства до конца использования. Это означает, что никакая часть продукта не потребляется, не разлагается или не теряется во время его использования. Кроме этого, поскольку индикатор МСИ делает акцент на замыкании материальных циклов в процессе производства продукции, он не учитывает всю сложность концепции ЦЭ (ремонтпригодность продукции, лизинг, возврат продукции производителю и пр.) и, следовательно, не может быть использован для полной оценки уровня развития экономики замкнутого цикла на уровне компании.

По пути создания своего показателя на основе МСИ пошли португальские исследователи С. Азеведо и Р. Година. Ими разработан *индекс устойчивого циркулярного развития* (The Sustainable Circular Index) для оценки достижения устойчивого развития и циркулярной экономики на промышленных предприятиях. Для построения индекса используются четыре группы показателей:

- 1) экономические, которые включают объем выпуска и объем реализации продукции, расходы на исследование и разработки (3 показателя);
- 2) социальные, характеризующие занятость, производительность труда работников, количество несчастных случаев на производстве и т.д. (7 показателей);
- 3) экологические, включающие объем потребления воды и энергии для производственных нужд (4 показателя);
- 4) индекс циркулярности материала (МСИ)⁶.

Показатели, входящие в первые три группы, основаны на известных методиках, используемых предприятиями как в повседневной работе, так и для составления отчета об устойчивом развитии. Среди таких методик:

- концепция тройного критерия (Triple bottom line, или TBL), в соответствии с которой результат хозяйственной деятельности предприятия должен характеризоваться не только финансовыми показателями, но и учитывать также социальные и экологические факторы для измерения общих затрат на ведение бизнеса;
- подход G4 GRI, представляющий собой совокупность глобальных стандартов отчетности в области устойчивого развития, которые являются передовой мировой практикой отчетности по ряду экономических, экологических и социальных воздействий;
- стандарт ISO 14031, который дает руководство по разработке и проведению оценки экологической результативности в организации.

После выбора показателей производится определение весов для каждого показателя в группе и каждой группы показателей для дальнейшей их агрегации в один индекс. При этом для взвешивания показателей авторами данного подхода предлагается использовать метод Delphi. Ввиду того, что показатели имеют различные единицы измерения, подход подразумевает проведение их нормализации методом минимума-максимума. Далее производится расчет непосредственно самого индекса устойчивого циркулярного развития ($I_{\text{sust_circ}}$) по следующей формуле⁷:

$$I_{(\text{sust_circ})_j} = W_s \sum (W_{is} \times NI_{is}), \quad (3)$$

где $I_{(\text{sust_circ})_j}$ – индекс устойчивого развития j -й компании; значение индекса может находиться в диапазоне от 0 до 1, при этом чем выше значение индекса, тем более устойчивой является компания;

W_s – вес группы показателей s ($s = 1$ – социальные показатели; $s = 2$ – экономические; $s = 3$ – экологические; $s = 4$ – индекс циркулярности материала); $\sum W_s = 1$;

W_{is} – вес показателя i в группе показателей s ; $\sum W_{is} = 1$;

NI_{is} – значение нормализованного показателя i .

Индекс устойчивого циркулярного развития дает организациям представление как об их прогрессе в достижении устойчивого развития, так и об имплементации отдельных принципов циркулярной экономики в хозяйственную деятельность. В то же время, поскольку для построения индекса устойчивого циркулярного развития используется индекс циркулярности материала (МСИ), недостатки, присущие МСИ, характерны и для анализируемого индекса.

Как отмечено в работе Л. Вербика⁸, в 2015 г. профессор Маастрихтского университета К. Ритер предложила «**Индекс эффективности циркулярной экономики**» (The Circular Economy Performance Index, CEPI), представляющий собой удобный инструмент для определения прогресса в имплементации принципов циркулярной экономики. Для определения индекса применяются 25 ключевых показателей эффективности (Key Performance Indicator, KPI) экономики замкнутого цикла, в основу определения которых легли данные, использующиеся в Глобальной инициативе по отчетности (GRI), Проекте раскрытия информации о выбросах углерода (CDP), Индексе устойчивости Доу-Джонса, отчетах некоммерческой компании Climate Counts.

Все KPI для расчета индекса дифференцированы в зависимости от уровня влияния на развитие экономики замкнутого цикла на предприятии: высокий (красный), средний (оранжевый) и низкий (зеленый), ключевые показатели эффективности представлены в таблице 1. Высокий уровень влияния связан с KPI, характеризующими

⁶ Azevedo, S.G. Proposal of a Sustainable Circular Index for Manufacturing Companies / S.G. Azevedo, R. Godina, J.C. de Oliveira Matias // Resources. 2017. P. 8. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9276/6/4/63/html>.

⁷ Там же. – С. 14.

⁸ Verbeek, L.H. A Circular Economy Index for the consumer goods sector [Electronic resource] / L.H. Verbeek // Master thesis. 2016. URL: <http://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337188>

основные операции, которые компании должны провести в производственно-потребительском цикле, а также с тем, возможно ли в результате данных операций получить максимальную экономическую выгоду при минимальном воздействии на окружающую среду. Ключевые показатели эффективности со средней степенью воздействия относятся к операциям, которые поддерживают выполнение ключевых показателей эффективности с высокой степенью важности. Ключевые показатели эффективности с низким уровнем воздействия оказывают незначительное влияние на внедрение циркулярных принципов на предприятии, поскольку они составляют лишь небольшую часть всех операций.

Таблица 1. – Ключевые показатели эффективности для определения СЕРІ

№ КРІ	Описание
КРІ 1	Предприятие имеет стратегию устойчивого развития, среди приоритетов которой – развитие циркулярной экономики
КРІ 2	На предприятии определено влияние циркулярной экономики на разные аспекты бизнеса
КРІ 3	Определены конкретные цели в области достижения циркулярной экономики
КРІ 4	Ежегодно оцениваются результаты инициатив в области экономики замкнутого цикла и прогресс в достижении целей ЦЭ
КРІ 5	Персонал предприятия информируется о влиянии циркулярной экономики на их работу
КРІ 6	Осуществляется сотрудничество с партнерами по теме циркулярной экономики
КРІ 7	Продукция содержит переработанные материалы или восстановленные компоненты
КРІ 8	Продукция разработана таким образом, чтобы минимизировать отходы в течение всего срока службы.
КРІ 9	Продукция подлежит переработке
КРІ 10	Продукция может быть продана повторно после восстановления
КРІ 11	Возможно совместное использование продукции
КРІ 12	Продукция может быть взята потребителями в лизинг
КРІ 13	Функционирует система, обеспечивающая возврат продуктов после их использования потребителями
КРІ 14	Упаковка продукции соответствует критериям циркулярной экономики
КРІ 15	Принципы циркулярной экономики применяются к повседневным операциям
КРІ 16	Разработаны критерии выбора поставщиков и партнеров на основе соблюдения ими принципов ЦЭ
КРІ 17	Потребляемая электрическая энергия поступает из возобновляемых источников энергии
КРІ 18	Потребляемая электрическая энергия поступает из надежных производственных источников (имеющих соответствующие сертификаты)
КРІ 19	В качестве исходного сырья для производства продукции используются части уже отслужившей продукции или отходы
КРІ 20	Использование материальных ресурсов осуществляется с учетом экологических пределов
КРІ 21	Используемые для производства продукции невозобновляемые природные ресурсы заменяются возобновляемыми
КРІ 22	Осуществляются инвестиции в восстановление экосистем
КРІ 23	Отходы сведены к минимуму
КРІ 24	Производственный процесс оптимизирован таким образом, что отходы производства используются снова предприятием или передаются на сторону
КРІ 25	Используется электротранспорт или транспорт, работающий на биотопливе

Каждому показателю эффективности присваивается вес в зависимости от значимости КРІ (показатели с высоким уровнем значимости имеют весовой коэффициент 3, средний – 2, низкий – 1). Оценка по каждому показателю эффективности варьируется от 1 до 4, в зависимости от уровня развития того или иного явления, относящегося к циркулярной экономике. В результате проведения оценки значения индекса находятся в диапазоне от -57 (неустойчивый тип развития) до 114 (развитая циркулярная экономика). Для того, чтобы нормализовать оценки компаний, автор данного подхода предлагает разделить окончательную оценку на 1,14 (таблица 2).

Таблица 2. – Оценки ключевых показателей эффективности для расчета СЕРІ⁹

Вес	Количество КРІ	Оценка по категории				Оценка с учетом веса				Баллы по категории			
		1	2	3	4	Min		Max		Min		Max	
3 (высокий)	10	-1	0	1	2	-3	0	3	6	-30	0	30	60
2 (средний)	12	-1	0	1	2	-2	0	2	4	-24	0	24	48
1 (низкий)	3	-1	0	1	2	-1	0	1	2	-3	0	3	6
Итого										-57	0	57	114

В результате расчета СЕРІ анализируемый объект относится к одной из пяти категорий: «несоблюдение принципов устойчивости» (-50 ... 0 баллов), «соблюдение некоторых принципов устойчивости» (1 ... 25), «действия в пределах тенденций циркулярной экономики» (26 ... 50), «наличие комплексной стратегии по развитию циркулярной экономики» (51 ... 75), «цель/миссия компании, связаны с развитием циркулярной экономики» (76 ... 100). Показатель СЕРІ может быть использован для определения текущего уровня развития ЦЭ на предприятии и его

⁹ Там же. – С. 16.

дальнейшего мониторинга, выявления слабых мест в области развития экономики замкнутого цикла, требующих большего внимания со стороны менеджмента компании, проведения бенчмаркинга.

Слабые стороны данного индекса в том, что для его определения проводится *опрос* на уровне отдельных предприятий, что привносит субъективность в оценку. Кроме этого, СЕРІ не тестировался, и критерии выбора ключевых показателей эффективности не были включены в исследование. В труде К. Ритер индекс позиционируется как универсальный, однако его применение для сравнения предприятий, относящихся к разным отраслям, затруднительно. В связи с этим в 2016 г. Л. Вербиком был предложен индекс циркулярной экономики для сектора потребительских товаров, разработанный на основе СЕРІ¹⁰. В своем исследовании «Индекс экономики замкнутого цикла для сектора потребительских товаров» Л. Вербик делает акцент не на одной отрасли, а на целом секторе экономики, производящем продукцию, предназначенную для удовлетворения спроса конечного потребителя (еда, напитки, одежда, обувь, мебель, автомобили, строительные материалы, бытовая техника и прочие товары народного потребления). Исследователь скорректировал некоторые КРІ, использующиеся для определения СЕРІ, в частности, путем объединения нескольких КРІ в один, изменения важности отдельных показателей, а также улучшения формулировки для их однозначной интерпретации. Кроме этого были проведены интервью с предприятиями для оценки их уровня развития ЦЭ на основе скорректированных показателей эффективности. При этом выбор предприятий был основан на определенных критериях, среди которых: предприятия относятся к сектору потребительских товаров, находятся в Нидерландах, на них занято более 500 человек, занимают различные места в цепочке поставок, активны во внедрении принципов экономики замкнутого цикла. Л. Вербик разработал несколько списков КРІ в зависимости от того является ли продукция расходуемой при использовании (например, продукты питания, топливо) или расходуемой свой ресурс (одежда, автомобили), а также относятся продукты к так называемому биологическому или техническому циклу. Далее автор данного подхода проводит оценку компаний по методу, аналогичному СЕРІ.

Данный метод представляет определенный научный интерес, поскольку был апробирован на примерах голландских компаний, в своей основе опирается на интервью этих компаний и независимого эксперта в области устойчивого развития по поводу значимости и необходимости включения тех или иных показателей в итоговый индекс. На наш взгляд, основным недостатком является тот факт, что аналогично подходу определения СЕРІ (The Circular Economy Performance Index), опрос предприятий предполагает субъективность итоговых оценок.

Ограниченные размеры статьи не позволяют нам подробно проанализировать все имеющиеся в англоязычной литературе подходы к измерению уровня развития экономики замкнутого цикла на локальном уровне, поэтому такие инструменты, как Прототип индикатора циркулярной экономики (Circular Economy Indicator Prototype, CEIP) [1], Инструментарий циркулярной экономики (Circular Economy Toolkit, CET) [2], Коэффициент экологической эффективности (Eco-Efficient Value Ratio, EVR) [3], Индикатор длительности использования ресурса (Resource Duration Indicator, RDI) [4] остались за ее рамками.

В русскоязычной научной литературе исследуемая проблема является слабо разработанной. В настоящее время можно выделить лишь несколько показателей для измерения уровня развития экономики замкнутого цикла на локальном уровне: индекс развития циркулярной экономики (Circular Economy Development Index, CEDI) М.А. Ветровой, а также инструмент (показатель) развития циркулярной экономики на уровне предприятия (Mezo-CEDI) М.А. Гурьевой.

Индекс CEDI, разработанный в 2018 г., включает ключевые составляющие замыкания ресурсных циклов в соответствии с теоретической моделью циркулярной экономики Фонда МакАртур, а именно: техобслуживание, повторное использование, восстановление и переработку [5, с. 257]. Индекс развития ЦЭ рассчитывается по следующей формуле:

$$CEDI = \frac{(L \times i_1 + R \times i_2 \times M \times i_3 + C \times i_4) 100\%}{W \times S}, \quad (4)$$

где L – объем продукции, прошедшей техобслуживание;

R – объем повторно используемой продукции;

M – объем восстановленной продукции;

C – объем переработанной продукции и отходов;

$i_{1, 2, 3, 4}$ – коэффициенты веса применяемого метода управления отходами и отслужившей продукцией соответственно;

W – общий объем отходов промышленных отраслей и продукции, вышедшей из эксплуатации;

S – количество применяемых методов (техобслуживание, восстановление, переработка, повторное использование) к обращению с продукцией и отходами¹¹.

Веса индикаторов, используемых при построении индекса, формируются исходя из приоритетности конкретного подхода обращения с отходами и отслужившей продукцией (таблица 3), в соответствии с принципами ЦЭ. Коэффициенты весомости принимают во внимание три фактора: ресурсосбережение, сокращение выбросов

¹⁰ Там же.

¹¹ Ветрова, М.А. Обоснование стратегических и операционных решений предприятий в условиях перехода к циркулярной экономике : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / М.А. Ветрова. – СПб., 2018. – Л. 59.

диоксида углерода и рентабельность. Учет данных факторов при расчете индекса развития циркулярной экономики объясняется следующим образом: если вместо снижения потребления природных ресурсов и сокращения выбросов диоксида углерода будет отмечаться их увеличение, то экономика замкнутого цикла утратит свое назначение – снижение экодеструктивного воздействия, а при малоудовлетворительных результатах по прибыльности компания откажется от внедрения циркулярных подходов в практику хозяйствования [5, с. 258].

Таблица 3. – Порядок определения весовых коэффициентов для расчета индекса развития циркулярной экономики (CEDI)¹²

Элемент циркулярной экономики	Экономия ресурсов, %	Снижение выбросов CO ₂ , %	Рентабельность, %	Итого	Вес (i ₁ , i ₂ , i ₃ , i ₄)
Техобслуживание продукции	P ₁	P ₂	P ₃	∑ P _n	$i_1 = \frac{\sum P_n}{\bar{i}}$
Повторное использование продукции	K ₁	K ₂	K ₃	∑ K _n	$i_2 = \frac{\sum K_n}{\bar{i}}$
Восстановление продукции	T ₁	T ₂	T ₃	∑ T _n	$i_3 = \frac{\sum T_n}{\bar{i}}$
Переработка отслужившей продукции	H ₁	H ₂	H ₃	∑ H _n	$i_4 = \frac{\sum H_n}{\bar{i}}$
Среднее значение (\bar{i})				$= \frac{\sum P_n + \sum K_n + \sum T_n + \sum H_n}{4}$	

Значение индекса развития циркулярной экономики CEDI может варьироваться от 0 до 100%, и чем больше его значение, тем более высокий уровень развития экономики замкнутого цикла конкретного предприятия. С помощью данного подхода становится возможным оценить уровень ЦЭ не только в отдельной компании, но и в отрасли¹³.

Индекс CEDI рассматривает неоднородные процессы обращения с отходами и отслужившей продукцией с точки зрения эффективности, уделяя особое внимание таким процессам, как техническое обслуживание, восстановление и повторное использование продукции. Однако основной объект оценки сосредоточен в области обращения с отходами, не учитываются другие экодеструктивные воздействия (выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сброс сточных вод), возникающие в процессе производства продукции, а также вызывает вопросы процедура определения весов показателей и интерпретация получаемого результата.

Еще один инструмент оценки циркулярной экономики на уровне предприятия разработала в 2020 г. М.А. Гурьева. Показатель получил название **Mezo-CEDI**, в его основе данные о деятельности промышленных предприятий, находящиеся в открытом доступе в сети Интернет. Для расчета Mezo-CEDI оцениваются основные направления природоохранной деятельности предприятия (обращение с отходами производства, энергосбережение, рациональное использование водных ресурсов), учитывается инновационная и образовательная деятельность компании в области охраны окружающей среды. Показатели, входящие в состав инструмента Mezo-CEDI для оценки развития экономики замкнутого цикла на микроуровне, представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Показатели для расчета Mezo-CEDI [6, с. 1436]

Наименование показателя	Формула расчета	Условные обозначения переменных
Показатели (индикаторы) экономического развития		
Индекс экологических затрат (I _{ЭЗ})	$I_{ЭЗ} = \frac{З_{ЭК}}{З}$	З _{ЭК} – затраты предприятия экологического характера, руб.; З – совокупные производственные затраты предприятия, руб.
Индекс экологической прибыльности (I _{ЭП})	$I_{ЭП} = \frac{П_{ЭИ}}{П}$	П _{ЭИ} – прибыль предприятия от внедрения экологических инноваций, руб.; П – чистая прибыль предприятия, руб.
Показатели (индикаторы) социального развития		
Индекс экологического образования (I _{ЭО})	$I_{ЭО} = \frac{З_{ЭО}}{З_0}$	З _{ЭО} – затраты предприятия на повышение квалификации / обучение персонала в экологической сфере, руб.; З ₀ – совокупные затраты предприятия на повышение квалификации / обучение персонала, руб.
Показатели (индикаторы) экологического развития		
Индекс экологичности производственного цикла (I _{ЭПЦ})	$I_{ЭПЦ} = \frac{МО_{П}}{МО}$	МО _П – масса переработанных и (или) повторно использованных отходов на предприятии, т; МО – общая масса всех образованных отходов на предприятии, т
Индекс чистоты энергопотребления (I _{ЧЭ})	$I_{ЧЭ} = \frac{ВИЭ}{ЭЭ}$	ВИЭ – объем выработки электроэнергии из возобновляемых источников энергии, кВт·ч; ЭЭ – совокупный объем потребления электроэнергии предприятием, кВт·ч
Индекс чистоты водопользования (I _{ЧВ})	$I_{ЧВ} = \frac{В_0}{ВП}$	В ₀ – объем оборотной, повторно-последовательно использованной воды на предприятии, тыс. м ³ ; ВП – совокупный объем водопотребления на предприятии, тыс. м ³

¹² Там же. – Л. 60.

¹³ Там же. – Л. 59.

Расчет показателя Mezo-CEDI проводится по следующей формуле:

$$\text{Mezo-CEDI} = \sqrt[6]{\text{KI}_1 * \text{I}_{\text{ЭЗ}} * \text{KI}_2 * \text{I}_{\text{ЭП}} * \text{KI}_3 * \text{I}_{\text{ЭО}} * \text{KI}_4 * \text{I}_{\text{ЭПЦ}} * \text{KI}_5 * \text{I}_{\text{ЧЭ}} * \text{KI}_6 * \text{I}_{\text{ЧВ}}}, \quad (5)$$

где Mezo-CEDI – интегральный инструмент оценки развития циркулярной экономики на уровне предприятия; KI_i – расчетное значение коэффициентов значимости показателей (индикаторов) оценки развития циркулярной экономики, входящих в инструмент оценки «Mezo-CEDI» [6, с. 1434].

Расчет значений коэффициентов значимости KI_i автором данного подхода проведен на основе преобразованного метода приписывания баллов при обобщении мнений экспертов (5 человек).

Значение индекса может варьироваться от 0 до 1, где диапазон итоговых значений индекса [0; 0,3] свидетельствует о начальном уровне развития циркулярной экономики, [0,31; 0,6] – о среднем уровне и [0,61; 1] – о продвинутом уровне развития ЦЭ на предприятии. Автор отмечает, что эталонным значением показателя Mezo-CEDI является единица, достижение которого в сложившемся технологическом укладе практически невозможно, – необходима разработка эффективных инновационных решений [6, с. 1435].

Предложенный М.А. Гурьевой подход заслуживает внимания, поскольку охватывает широкий круг показателей, связанных с имплементацией циркулярных принципов в деятельность предприятий, имеет понятную методику построения итогового индекса и высокую доступность информации. Стоит отметить, что Mezo-CEDI был апробирован и может быть использован компаниями для оценки своего положения в области внедрения принципов циркулярной экономики, а также корректировки текущей политики. В то же время выделим и недостатки данного подхода: во-первых, далеко не полно отражены в предлагаемой методике возможности циркулярной экономики, так как игнорируются такие бизнес-модели, как циркулярные поставщики, продукт как услуга, продление жизненного цикла за счет ремонта и др., акцент делается только на переработке отходов производства; во-вторых недочеты методологического характера, когда автор утверждает, что значение Mezo-CEDI должно стремиться к 1. Но для этого необходимо, чтобы значение всех индексов, образующих его, нарастало и стремилось к 1, однако это характерно не для всех индексов (например, индекс экологических затрат или экологического образования).

Заключение. Анализ научных работ по оценке циркулярной экономики на микроуровне показало, что существует множество разработок инструментов такой оценки, в которых отражены различные точки зрения на исследуемую проблему, включая рассмотрение разных компонентов устойчивого развития, различных бизнес-моделей экономики замкнутого цикла и фаз жизненного цикла. В таблице 5 представлены результаты сравнения проанализированных выше показателей оценки ЦЭ.

Таблица 5. – Результаты сравнения индикаторов циркулярной экономики на микроуровне

Критерий	Индикаторы циркулярной экономики на микроуровне									
	MCI	Isust_circ	CEPI	CEIP	CET	EVR	RDI	CEI	CEDI	Mezo-CEDI
Компоненты устойчивого развития										
Экономика		•	•		•	•		•		•
Окружающая среда	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Общество		•	•							•
Фазы жизненного цикла (ЖЦ)										
Обеспечение ресурсами	•	•	•	•	•	•		•	•	
Производство	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Использование	•	•	•	•	•	•	•		•	
Конец ЖЦ	•	•	•	•	•	•				
Бизнес-модели циркулярной экономики										
Циркулярные поставщики	•	•	•	•	•			•	•	
Переработка отходов	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Продление жизненного цикла продукта	•	•	•	•			•		•	
Продукт как услуга			•	•			•			
Вид оценки										
Качественный			•		•					
Количественный	•	•		•		•	•	•	•	•

Результаты анализа показывают, что только в 3 из 10 проанализированных методик отражены экономические, экологические и социальные аспекты (Isust_circ, CEPI, Mezo-CEDI). Отметим, что почти все инструменты учитывают все фазы жизненного цикла продукта от подготовки к производству до конца производственно-потребительского цикла. Однако лишь некоторые из них рассматривают не только переработку отходов, но и другие бизнес-модели циркулярной экономики.

Согласно сравнению, представленному в таблице 5, наиболее приемлемым инструментом для оценки является CEPI, однако, как уже упоминалось выше, данный инструмент дает качественную оценку и отличается высокой субъективностью результата. В целом, большинство представленных подходов не учитывают всю сложность парадигмы циркулярной экономики, не затрагивают такие аспекты ЦЭ, как ремонтпригодность, восстановление продукции, лизинг, возврат продукции производителю и пр. Кроме этого, в некоторых подходах нет четкой дифференциации индикаторов, вследствие этого имеет место их повторно-параллельное использование.

Данные подходы могут служить основой для разработки новых, более адаптированных к конкретной ситуации методических рекомендаций.

Проведенное исследование позволило выделить несколько проблемных областей оценки ЦЭ на микроуровне, в частности: недостаточно проработанная методика построения показателей; проблемы со сбором информации для расчетов; неопределенность интерпретации итоговых показателей; узость трактовки концепта циркулярной экономики. Следовательно, необходима разработка инструментария оценки ЦЭ на уровне предприятия, который бы максимально полно отражал всю сложность концепции экономики замкнутого цикла, был построен на основе данных предприятия, имел количественное определение, однозначную интерпретацию и мог служить для выработки рекомендаций менеджерам. Для мониторинга развития циркулярной экономики на предприятии могут использоваться следующие показатели:

– на этапе подготовки к производству: затраты на экологические инновации (в т.ч. в части экодизайна продукции); объем вовлекаемого в производство вторичного сырья;

– на этапе производства: коэффициент полезного использования сырья; отношение производства первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению энергии; отношение использованных загрязняющих веществ, уловленных газоочистными установками, к общему объему выбросов загрязняющих веществ; отношение использованных отходов производства (включая переданные на сторону для использования) к общему объему образования отходов производства; доля безопасно очищаемых промышленных сточных вод;

– на этапе продажи и послепродажного обслуживания, а также сбора отслужившей продукции: доля продукции, имеющей экологическую маркировку о возможности вторичного использования или переработки; объем оказания услуг по аренде, лизингу, ремонту продукции и др.

Результаты мониторинга данных показателей могут быть использованы на микроуровне для корректировки существующей стратегии развития предприятия, формирования программ повышения эффективности его функционирования, стимулирования эко-инноваций, внесения изменений в проектирование продукции с целью более полного учета экологических аспектов и пр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cayzer, S., Griffiths, P., Beghetto, V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, (10), 289–298. DOI:[10.1080/19397038.2017.1333543](https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1333543).
2. Reigado, C., Fernandes, S., Barrera Saavedra, Y.M., Ometto, A. (2017). A Circular Economy Toolkit as an Alternative to Improve the Application of PSS Methodologies. *Procedia CIRP*, (64), 37–42. DOI:[10.1016/j.procir.2017.03.034](https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.034).
3. Scheepens, A.E., Vogtlander, J.G., Brezet, J.C. (2016). Two life cycle assessment (LCA) based methods to analyse and design complex (regional) circular economy systems. *Journal of Cleaner Production*, (114), 257–268. DOI:[10.1016/j.jclepro.2015.05.075](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.075).
4. Franklin-Johnson, E., Figgeand, F., Canning, L. (2016) Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*, (133), 589–598. DOI:[10.1016/j.jclepro.2016.05.023](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.023).
5. Пахомова, Н.В. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития / Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер, М.А. Ветрова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. – 2017. – № 5. – С. 244–268. DOI: [10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203](https://doi.org/10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203).
6. Гурьева, М.А. Разработка и апробация методического инструментария комплексной оценки развития циркулярной экономики / М.А. Гурьева // Вопросы инновационной экономики. – 2020. –Т. 10. – № 3. – С. 1425–1448. DOI:[10.18334/vinec.10.3.110517](https://doi.org/10.18334/vinec.10.3.110517).

REFERENCES

1. Cayzer, S., Griffiths, P., Beghetto, V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, (10), 289–298. DOI:[10.1080/19397038.2017.1333543](https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1333543).
2. Reigado, C., Fernandes, S., Barrera Saavedra, Y.M., Ometto, A. (2017). A Circular Economy Toolkit as an Alternative to Improve the Application of PSS Methodologies. *Procedia CIRP*, (64), 37–42. DOI:[10.1016/j.procir.2017.03.034](https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.034).
3. Scheepens, A.E., Vogtlander, J.G., Brezet, J.C. (2016). Two life cycle assessment (LCA) based methods to analyse and design complex (regional) circular economy systems. *Journal of Cleaner Production*, (114), 257–268. DOI:[10.1016/j.jclepro.2015.05.075](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.075).
4. Franklin-Johnson, E., Figgeand, F., Canning, L. (2016) Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*, (133), 589–598. DOI:[10.1016/j.jclepro.2016.05.023](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.023).
5. Pakhomova, N.V., Rikhter, K.K., Vetrova, M.A. (2017). Perekhod k tsirkulyarnoi ekonomike i zamknutym tsepyam postavok kak faktor ustoychivogo razvitiya [Transition to a circular economy and closed supply chains as a factor of sustainable development]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika [Bulletin of St. Petersburg University. Economy]*, (5), 244–268. DOI: [10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203](https://doi.org/10.21638/10.21638/11701/spbu05.2017.203). (In Russ., abstr. in Engl.).
6. Gur'eva, M.A. (2020). Razrabotka i aprobatsiya metodicheskogo instrumentariya kompleksnoi otsenki razvitiya tsirkulyarnoi ekonomiki [Development and testing of methodological tools for a comprehensive assessment of the development of a circular economy]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki [Innovation economy issues]*, 10 (3), 1425–1448. DOI:[10.18334/vinec.10.3.110517](https://doi.org/10.18334/vinec.10.3.110517). (In Russ., abstr. in Engl.).

Поступила 24.10.2021

**METHODOLOGICAL FEATURES OF ASSESSMENT OF THE LEVEL
OF DEVELOPMENT OF THE CIRCULAR ECONOMY OF AN ENTERPRISE****A. STANOVSKAYA**

Currently, an important item on the global agenda is the achievement of sustainable development, which is impossible without a transition to sustainable production and consumption patterns. Effective business models for ensuring more efficient resource use are offered by the concept of a circular economy (circular economy). Indicators other than those used in linear economics are needed to monitor progress in the transition to a circular economy. The article presents the results of an analytical review and comparison of the most common methodological approaches in English and Russian-speaking scientific research to assessing the circular economy at the local level. The advantages and disadvantages of these approaches, their areas of possible application are indicated. The conclusion is made about the narrowness of the interpretation of the concept of circular economy in the analyzed works and the need to develop a special tool for assessing the circular economy of an enterprise.

Keywords: *circular economy, circular economy, level of development, indicator.*