

Циркулярная экономика: теоретические основы и практические приложения в области региональной экономики и управления

С. В. Ратнер,
д. э. н., доцент,
ведущий научный сотрудник, Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН/профессор, Российский университет
дружбы народов, Москва
lanarat@mail.ru



Экономический рост в рамках традиционной линейной модели производства материальных благ, в которой все процессы строятся по принципу «добывай – производи – используй – выбрасывай», приводит к постоянно-му и плохо контролируемому увеличению нагрузки на окружающую среду. Альтернативной моделью является экономика замкнутых производственных циклов или циркулярная экономика, теоретические и методологические основы которой только разрабатываются в мировой научной литературе. Переход к модели циркулярной экономики позволит достичь таких экологических эффектов как сокращение потребления природных материалов и энергии, сокращение выбросов и отходов, производство отходов и выбросов в форме, которая обеспечивает их естественную утилизацию. В то же время, преимущества перехода к модели циркулярной экономики не ограничиваются только экологическими эффектами, но предполагают достижения также ряда важных экономических и социальных эффектов.

Целью настоящей работы является анализ современных концепций экономики природопользования и смежных в ней наук, пересекающихся с концепцией циркулярной экономики, для определения общих теоретических основ и наиболее перспективных направлений исследований в области циркулярной экономики. В результате проведенного количественного и качественного библиографического анализа выявлено, что с теоретической точки зрения решение проблемы идентификации, измерения и оценки влияния барьеров развития экоинноваций на переход к модели циркулярной экономики является наиболее перспективной траекторией исследований. С практической точки зрения наиболее востребованы разработки инновационных бизнес-моделей, направленных на развитие и реализацию инновационного потенциала экономических агентов и их объединений, в первую очередь, на региональном уровне.

Ключевые слова: циркулярная экономика, экоинновации, замкнутый производственный цикл, библиографический анализ, контент-анализ, барьеры.

Введение

Экономический рост в рамках традиционной линейной модели производства материальных благ, в которой все процессы строятся по принципу «добывай – производи – используй – выбрасывай», приводит к постоянному увеличению нагрузки на окружающую среду, как в части извлечения из экосистемы полезных для хозяйственной деятельности человека энергии и материалов, так и в части выбросов загрязняющих веществ в процессе производства, эксплуатации и утилизации различных видов продукции.

Альтернативной моделью является экономика замкнутых производственных циклов или циркулярная экономика (circular economy), в которой все полезные элементы, взятые из окружающей среды, используются многократно, а производственные системы строятся в подражание природным экосистемам, в которых отходы одной природной цепи являются

исходным материалом для строительства другой, т. е. понятие отходов как таковое отсутствует. Переход от традиционной модели экономического развития к циркулярной возможен за счет активного внедрения экоинноваций различных типов.

С практической точки зрения проблема перехода к инновационным природосберегающим технологиям производства и потребления для большинства индустриально развитых стран мира является чрезвычайно актуальной. Например, для России, актуальность данной проблемы подтверждается следующими фактами:

1. Официальные результаты ежегодного экологического мониторинга Минприроды РФ свидетельствуют о том, что качество окружающей среды в стране является неудовлетворительным по ряду важнейших показателей: в 44 городах страны с общим населением 18,5 млн человек в 2014 г. отмечены максимальные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере выше 10 ПДК

(предельно допустимая концентрация), в 174 городах с населением 60,7 млн жителей средняя за год концентрация какой-либо примеси в атмосфере превышала 1 ПДК, в 46% городов России, воздухе загрязнен бенз(а)пиреном [1]. В последующие годы (2015-2017 гг.) нормы загрязнения воздуха бенз(а)пиреном были повышены в 2 раза, что привело к улучшению статистических показателей, не сопровождавшегося, однако, реальными улучшениями качества городской среды [2-3]. Существенные негативные экологические эффекты вызваны ростом уровня автомобилизации населения, неудовлетворительной возрастной структурой автомобильного парка, несоблюдением стандартов автомобильного топлива.

В связи с недостаточной модернизацией, нестабильной и малозадействованной работой очистных сооружений, непрекращающегося сброса неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод предприятий и объектов ЖКХ на большинстве водных объектов по ряду ингредиентов наблюдается превышение 10 и 30 ПДК, в меньшей степени 50 и 100 ПДК. Объем образования отходов всех классов опасности из года в год в два раза превышает объем их использования и обезвреживания. В результате за последние 5 лет накопленный объем размещенных отходов увеличился втрое [1-3].

2. Ресурсоемкость экономики России традиционно является высокой. Система организационно-экономических стимулов, созданная за последние годы для снижения энергоемкости экономики, пока не позволила достичь желаемого уровня модернизации и создать внутренний рынок энергоэффективных товаров и услуг. Многие отрасли обрабатывающей промышленности специализируются на выпуске крупнотоннажной продукции низких переделов, производство которой связано с существенными негативными экологическими эффектами. Состояние основных фондов во многих отраслях промышленности (например, в электроэнергетике) характеризуется высокой степенью износа оборудования и отсутствием современных систем водо- и воздухоочистки [4].
3. Относительно низким остается уровень экологической грамотности и уровень экологического самосознания населения, что препятствует формированию рыночного спроса на инновационную ресурсосберегающую продукцию и услуги. Низкий уровень экологического самосознания общества является прямым и наиболее существенным институциональным ограничением для развития экоинноваций и их внедрению в различных отраслях экономики [5].

Не умаляя первичной цели перехода к более устойчивому социально-экономическому развитию — повышению качества жизни населения посредством улучшения состояния среды обитания, сохранения ресурсов планеты, борьбы с деградацией экосистем и климатическими изменениями, необходимо также отметить и менее очевидную, но не менее важную цель перехода национальной экономики России к более экологически чистым технологиям. Эта цель состоит

в поддержании необходимого уровня экономической безопасности и технологической независимости страны. Опыт развития мировой экономики за последние десятилетия показал, что экоинновации (в некоторых источниках — «зеленые инновации») могут использоваться как инструмент экономического и даже геополитического давления. Ряд технологически развитых стран в конце XX — начале XXI века прошли этап «экологизации» экономики (снижение ресурсоемкости производства, расширенная вторичная переработка ресурсов, развитие возобновляемой энергетики и т. д.) позволивших им достичь технологического лидерства во многих отраслях экономики и диктовать другим, менее развитым в этом отношении странам, определенные стандарты и нормы экологичности, а в определенных политических условиях использовать их и как инструмент торговых войн [6]. Поэтому вопросы развития экоинноваций, в том числе, направленных на осуществление перехода к модели циркулярной экономики, могут рассматриваться и как элемент достижения и поддержания необходимого уровня экономической безопасности.

Подобные проблемы, в той или иной степени, испытывают и другие страны, особенно быстроразвивающиеся экономики, в которых экономический рост пока что является приоритетом над другими вопросами устойчивого развития.

Несмотря на свою кажущуюся простоту и растущую популярность в мировой академической и аналитической литературе по экономике и менеджменту, концепция экономики замкнутого цикла (или циркулярной экономики, ЦЭ) с научной точки зрения до сих пор проработана слабо и является, скорее, набором фрагментарных идей и моделей, порожденных практикой, нежели строгой, логически обоснованной теорией. Одной из причин такой неразвитости методологии циркулярной экономики является ее глубокая междисциплинарность: в единую концепцию в данном случае необходимо связать теорию и методологию не только нескольких направлений экономической науки, но также концепции и методы социальных, биологических наук, инженерной экологии, дизайна производственных систем и т. д. Целью настоящей работы является анализ современных концепций экономики природопользования и смежных в ней наук, пересекающихся с концепцией циркулярной экономики, для определения общих теоретических основ и наиболее перспективных направлений исследований в области циркулярной экономики. Основным методом исследования — сочетание количественного (библиометрика) и качественного (контент-анализ) библиографического анализа. Информационной базой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых, представленных в базах научных работ Web of Science, Scopus и E-library (более 300 работ).

Основные теоретические вопросы циркулярной экономики

Результаты проведенного автором анализа свидетельствуют о том, что первые работы по вопросам циркулярной экономики (как и сам термин)

появляются в мировой научной литературе еще в 2005 г., однако бум академического интереса к данной концепции начинается только в 2014 г., начиная с которого с каждым годом количество работ, посвященных вопросам развития циркулярной экономики, растет в экспоненциальной форме.

Современный практико-ориентированный подход к формулировке концепции циркулярной экономики (ЦЭ) первоначально предложен не в академической литературе, а в инициативах правительственных кругов и бизнес-сообщества европейских стран, а также Канады, Китая и Японии [7-10]. Данный подход состоит в том, чтобы сформировать такие производственные системы, в которых бы продление жизненного цикла продукции происходило в соответствии со следующими циклами:

- 1) повторное использование;
- 2) повторное производство (использованная полезная продукция служит сырьем для новых видов производств) или восстановление (использованная полезная продукция подлежит ремонту, в том числе на компонентном уровне);
- 3) переработка (до разложения на исходные материалы);
- 4) утилизация.

При этом, чем больше продукт находится на первых циклах, тем дешевле в целом обходится его производство по сравнению с ситуацией, когда продукция сразу после использования поступает на утилизацию (традиционная линейная модель производственной системы). В соответствии с данной концепцией, сжигание отходов является одной из наименее предпочтительных форм обращения с отходами, а самой худшей формой обращения с отходами является их захоронение (рис. 1).

Характерной чертой практико-ориентированной аналитической литературы является особое внимание к оценкам потенциальных возможных эффектов от перехода к новой экономической модели. По оценкам Еврокомиссии, переход к экономике замкнутого цикла позволит ежегодно экономить до 600 млрд евро только в секторе промышленного производства в масштабах ЕС, а согласно данным агентства McKinsey, в целом мировая экономика при переходе к циркулярному типу развития способна дополнительно генерировать \$1000 млрд ежегодно. Данные оценки основываются на изучении потенциальных не только экономических, но и экологических и социальных эффектов циркулярной экономики и их монетизацией по различным более или менее разработанным методикам [12].

Оставляя вопросы корректности монетарных методик оценки потенциальных эффектов перехода к новой экономической модели за скобками данного исследования¹, можно с уверенностью утверждать, что переход к модели циркулярной экономики позволит достичь таких экологических эффектов как сокращение потребления природных материалов и энергии, сокращение выбросов и отходов, производство отходов и выбросов в форме, которая обеспечивает их естественную утилизацию. В тоже время, преимущества перехода к модели циркулярной экономики не ограничиваются только экологическими эффектами, но предполагают достижения также ряда важных экономических и социальных эффектов. К экономическим эффектам можно отнести сокращение стоимости исходного сырья и энергии, сокращение экологических платежей и штрафов, создание новых рынков «зеленой» продукции, сокращение потерь энергии и материалов, сокращение затрат на утилизацию отходов, сокращение затрат на экологический мониторинг и контроль. К социальным

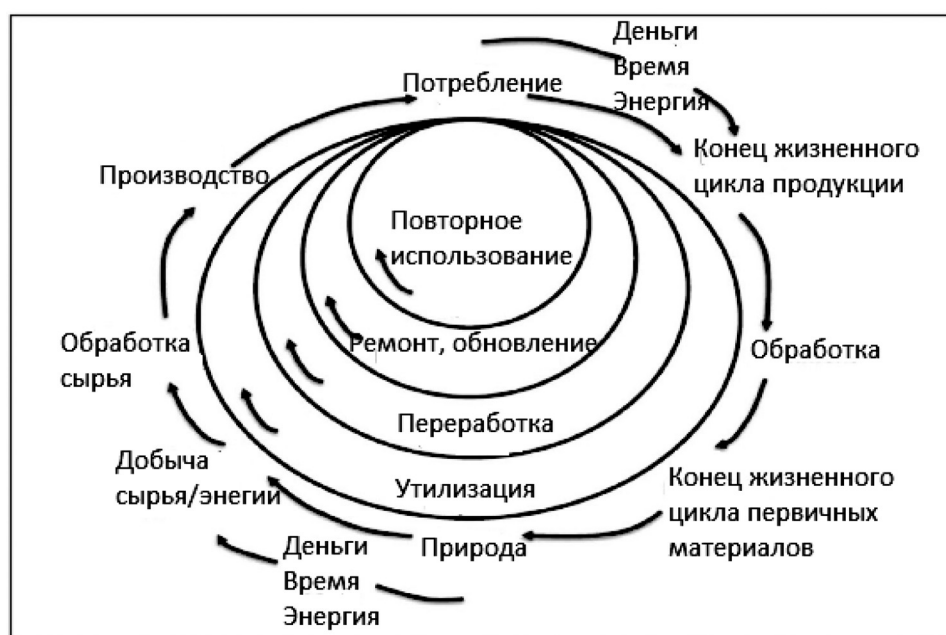


Рис. 1 Концепция циркулярной экономики

Источник: [11]

¹ Так как оценка достоверности и корректности монетарных методик оценки экологических эффектов требует проведения специализированного междисциплинарного исследования с привлечением специалистов из различных областей экологии, биологии и климатологии.



Рис. 2 Преимущества циркулярной модели экономики

Источник: составлено автором на основе [13]

эффектам можно отнести создание новых рабочих мест в сфере переработки и повторного использования продукции, формирование новых более справедливых социальных отношений через развитие экономики совместного потребления (sharing economy), наращивание общественных благ (рис. 2).

Теоретическим основанием для концепции ЦЭ служит фрагментарный набор идей, первоначально сформировавшихся в различных областях современной науки: промышленной экологии [14-16], теории промышленных экосистем [17], промышленного симбиоза [18], теории чистого производства [19], теории экологической эффективности [20-22], теории социоэкологических систем [23-24], природного капитализма [25], концепции нулевых выбросов [26] и т. д. Одним из наиболее значимых оснований для развития концепции циркулярной экономики послужила практико-ориентированная модель экологической эффективности продукционной системы «от колыбели до колыбели».

В ряде работ, датируемых первой половиной 2018 г. [27-29], европейскими учеными предпринимаются первые попытки выделить общие черты и отличия в современной теории экоиноваций и только зарождающейся теории циркулярной экономики (табл. 1).

Как видно, из результатов контент-анализа некоторых наиболее значимых с теоретической точки зрения работ, связь между концепциями циркулярной экономики и теории экоиноваций является сложной. Обе концепции включают в себя несколько различных понятий и имеют размытые границы. Бесспорным является факт, что переход к циркулярной экономике не может быть осуществлен без развития экоиноваций, в то же время, понимания, каким образом это должно

происходить, в литературе нет. Не все экоиновации имеют непосредственное отношение к циркулярной экономике, также экоиновации могут иметь различное воздействие на разные сферы циркулярной экономики.

Более глубокому пониманию концепции циркулярной экономики способствует выделенные различных уровней ЦЭ, предложенное в работе [27], и последующее детальное рассмотрение бизнес-моделей и стратегий, применяемых на каждом уровне. При таком подходе к изучению теоретических основ и практических способов реализации принципов циркулярной экономики, по аналогии с традиционным подходом к стратификации экономической системы, можно выделить следующие уровни:

- микроуровень ЦЭ: циркулярные модели, применяемые индивидуальными производителями (экономическими агентами) с использованием следующих методов: «чистое производство», новые бизнес-модели (предоставление услуг вместо продажи продуктов), экодизайн (продвинутая функциональность, модульная конструкция, повторное использование частей, восстановление), де-материализация (предоставление услуг в цифровом/электронном формате);
- мезоуровень ЦЭ: циркулярные модели, применяемые кооперативами и сетями индивидуальных агентов: симбиотический динамизм, «зеленые» цепи поставок, обратная логистика, расширенная ответственность производителя, городской симбиоз и экопоселения;
- макроуровень: циркулярные стратегии, применяемые на уровне стран или регионов: повышение роли государственного регулирования, развитие

Терминологические и пересечения концепции циркулярной экономики с другими экологически-ориентированными теоретическими концепциями

Концепция/теория	Связь с концепцией ЦЭ	Фокус	Источник
Экономика замкнутого цикла	«... Человечество должно найти свое место в циклической экологической системе»; «... подчеркивая потенциальное влияние замкнутого экономического цикла на конкурентоспособность, создание рабочих мест, сохранение природных ресурсов и сокращение образования отходов»	Необходимость «замыкания» экономического цикла	К. Э. Боулдинг (1966) [30]; Стахель, Ридей-Мюльви (1982) [31]
Промышленная экология	«По аналогии с естественной экосистемой, промышленная экосистема... максимизирует использование отходов, рассматривая их в качестве входов других производственных процессов». «Промышленная экология подразумевает конфигурирование индустриальной инфраструктуры как множества замкнутых экосистем». «Переход от линейной модели экономики к замкнутому циклу материалов и энергии является ключевым элементом промышленной экологии»	Подражание природным замкнутым циклам	Д. Фрош (1992) [14]; Х. Тибс (1993) [32]; И. Р. Эрентфельд, Н. Гертлер, (1997) [33]
Индустриальный симбиоз	«Коллективная оптимизация использования ресурсов за счет обмена продукцией и совместного использования оборудования и инфраструктуры производственными системами». «Индустриальный симбиоз предполагает объединение традиционно разделенных отраслей и производственных систем в коллективную агломерацию, добывающую общую конкурентоспособности за счет обмена материалами, энергией, водой и полуфабрикатами	Промышленные кластеры и синергия	Н.Б. Якобсон (2006) [34]; М. Р. Чертов (2007) [35]
Натуральный (природный) капитализм	«Натуральный капитализм признает критически важную взаимосвязь между производством и использованием капитала, сотворенного человеком и сохранением природного капитала»	Экологические и экономические преимущества более эффективных производственных процессов, повторного использования и переработки материалов	А. Б. Ловингс и др. (1999) [36]
От колыбели о колыбели	«Если человечество ищет реального процветания, оно должно научиться имитировать природную высокоэффективную систему от колыбели до колыбели... в которой понятия отходов не существует как такового»	Разработка производственных систем, не производящих негативного воздействия на окружающую среду	М. Браунгард, В. Макдональд (2002) [37]
Нулевые выбросы	«Концепция нулевых выбросов означает дизайн и поддержку продуктов и процессов таким образом, чтобы систематически избегать и сокращать объем и токсичность отходов и материалов, сохранять и восстанавливать все ресурсы, избегая их сжигания или захоронения». «Объединяющая концепция для широкого набора мер, направленных на сокращение отходов и изменение представления об отходах с негативного (как проблема) на позитивное (как потенциальный ресурс)». «Концепция направлена на сокращение и полное уничтожение мусорных полигонов»	Сокращение объемов образования отходов, их захоронения	Zero Waste International Alliance, 2009; Т. Куран, В. Д. Вильямс (2012) [38]; А. У. Заман (2015) [39]
Функциональная экономика	«Функциональная экономика оптимизирует использование (или функции) продукции и услуг и, таким образом, улучшает менеджмент существующего благосостояния (благ, знаний, природного капитала). Целью функциональной экономики является как можно более рациональное и длительное использование минимального количества ресурсов». «Функциональная экономика – это набор инновационных бизнес-моделей, интегрирующих продукты и услуги таким образом, чтобы создавать благосостояние и занятость с минимальным потреблением ресурсов»	Новые бизнес-модели	В. Р. Стахель (1997) [40]; В. Р. Стахель (2010) [41]

Источник: составлено автором на основе [27-29]

научных исследований, направленных на поиск возможностей и разработку технологий замыкания экономического цикла, управление ресурсами и отходами.

Перспективные направления исследований в области циркулярной экономики

Несмотря на наличие значительного научного интереса и озабоченность политических структур вопросами развития ЦЭ, на практике заметного про-

гресса в направлении перехода к моделям циркулярной экономики не наблюдается. Причиной этому, как считают многие авторы, являются барьеры. Следует отметить, что терминология барьеров как препятствий на пути распространения того или иного положительного социально-экономического процесса или явления достаточно часто используется в теории управления инновациями, а также в экономике энергетики при изучении эффективности государственных стимулирующих мер, направленных на поддержку инновационных энергосберегающих технологий и технологий альтер-

нативной энергетики [42]. Поэтому методологический подход к изучению вопросов перехода к циркулярным моделям экономики, основанный на понимании факторов, позитивной влияющий на данный процесс как драйверов, а факторов, оказывающих негативное влияние как барьеров, представляется вполне теоретически методологически зрелым и хорошо вписывается в общую теорию управления инновациями.

В результате проведенного контент-анализа, можно отметить несколько недавних работ [43-44], в которых идентифицированы и описаны некоторые типы барьеров перехода к циркулярной экономике, а именно:

- 1) технологические,
- 2) политические и законодательные;
- 3) финансовые/экономические;
- 4) управленческие;
- 5) методологические (отсутствие общепринятой системы индикаторов, позволяющих измерить уровень развития ЦЭ, степень прогресса при переходе к ЦЭ);
- 6) барьеры потребительского поведения;
- 7) социальные.

Некоторые из этих барьеров достаточно хорошо описаны на качественном уровне. Например, к технологическим барьерам зачастую в литературе относят неразвитость дизайна продукционных систем замкнутого цикла (не разработаны стандартные приемы и технологии для каждого вида продукции), отсутствие масштабных демонстрационных проектов, позволяющих проверить работоспособность технологий замкнутого цикла, недостаточность данных по имеющимся и разрабатываемым технологиям, недостаточная способность обеспечить качество восстановленных (или произведенных из переработанных компонент) продуктов, сопоставимое с качеством нового продукта. К законодательным барьерам относят таможенные ограничения, накладываемые на свободное перемещение отходов производства, несогласованность национальных законодательств в области обращения с производственными отходами, а также отсутствие или ограниченность программ государственной поддержки развития ЦЭ на уровне поддержки технологий замкнутого производственного цикла.

К экономическим барьерам относят низкую стоимость исходных сырья и материалов, необходимость в больших объемах первоначальных инвестиций при осуществлении перехода к технологиям, позволяющим замкнуть производственные циклы, ограниченность источников финансирования для внедрения технологий замкнутого цикла и неразвитость стандартизации в области технологий замкнутого цикла. Низкая стоимость оригинальных сырья и материалов делают невыгодными переработку или восстановление продукции, а отсутствие эффекта масштаба и эффекта обучения (закрепляемого посредством стандартизации производственных процессов), делает внедрение технологий замкнутого цикла слишком дорогим.

Культурные барьеры, которые в некоторых работах дополнительно подразделяются на социальные и поведенческие, включают потребительские предпо-

чтения (потребители предпочитают новые товары, а не восстановленные или переработанные), отсутствие корпоративной культуры, ориентированной на развитие циркулярной экономики (вопрос сводится к социальной и экологической ответственности и отдается на реализацию второстепенным структурным подразделениям, не занимающимися планированием и стратегическим развитием), консервативность сложившейся структуры цепи поставок (концепцию ЦЭ должна принять не только компания, но и вся ее цепь поставок).

Однако исчерпывающего описания данных барьеров и способов их проявления, а тем более универсальной топологии барьеров перехода к циркулярной экономике пока не разработано. Поэтому исследования, направленные на изучение и измерение барьеров циркулярной экономики можно признать перспективными.

Следует также выделить достаточно большой пласт работ (например, работы [45-47]), которые изучают различные отдельные практики реализации принципов циркулярной экономики (экоинновации) в таких сферах как инфраструктура, общественное потребление, промышленный и коммерческий сектор (табл. 2). Как правило, в таких работах исследование ограничивается рамками какого-либо муниципального образования, что объясняется необходимостью проведения детального анализа (в том числе с использованием ГИС-технологий) территориального размещения производственных мощностей, транспортной инфраструктуры, источников первичной энергии, сырья и материалов, потоков конечных продуктов и полуфабрикатов.

Из всех перечисленных в табл. 2 стратегий реализации принципов циркулярной экономики, в настоящее время наименее изученной группой стратегий является группа стратегий общественного потребления. В ряде работ (например, [13]) предлагается новая интерпретация системы общественного потребления как множества отдельных пользователей или сообществ, совместно использующих функции, сервисы и ценности физических продуктов, что является новой альтернативой индивидуальному потреблению физических продуктов. При этом новые бизнес-модели могут включать лизинг или аренду сервиса/услуги, предоставляемой продуктом, а также стратегии возврата и обратную логистику, который упрощают процесс совместного использования полезной функции продукта многими пользователями. Модели совместного использования (sharing economy) могут значительно повысить эффективность использования ресурсов в некоторых областях потребления, например, в секторе гостеприимства (переход от гостиничного типа размещения к аренде жилья) или в транспортном секторе (совместное использование автомобилей). При этом основанная идея состоит в том, чтобы вовлечь как можно большую часть ресурсов в экономической системе в процесс эффективного использования. В качестве иллюстрации данного принципа в работе [13] приводится такой пример из современной практики неэффективного личного потребления: известно, что в Финляндии, среднестатистический владелец

Примеры городских практик реализации принципов циркулярной экономики

Стратегии	Примеры практической реализации стратегии
1. Инфраструктура	
Местное производство продуктов питания	Городское агропроизводство (городская ферма), аквапоника, устойчивое производство пищевых продуктов
Энергоэффективность	Использование тепловой энергии сточных вод, производство биогаза, производство возобновляемой энергии, энергоэффективное городское освещение
Эффективная инфраструктура обращения с отходами	Раздельный сбор мусора, менеджмент потоков отходов высоких классов опасности
Зеленое строительство и материалы	Повторное использование и переработка строительных материалов, зеленое строительство, производство дорожного покрытия из отходов, экодизайн городских пространств
Эффективное водопользование	Водосбережение, использование дождевой и морской воды, оборотное использование воды
Смарт ИТ	Развитие цифровых технологий коммуникации для более эффективного использования ресурсов
Зеленая мобильность	Зеленая транспортная инфраструктура, электромобильность, инфраструктура подзарядки
2. Общественное потребление	
Ремонт и повторное использование продукции	Рынок секонд-хенда, ремонт бытовой техники
Менеджмент пищевых отходов	Использование пищевых отходов, раздача продуктов питания, минимизация пищевых отходов, домашнее компостирование пищевых отходов
Прокат велосипедов и автомобилей	Инициативы совместного использования
Сокращение отходов	Сокращение использования бумажной продукции для почтовых сообщений и рекламы, переработка упаковки (одноразовых пластиковых пакетов, металлических банок, бутылок)
3. Промышленный и коммерческий сектор	
Промышленный симбиоз	Обмен между отраслями
Использование переработанных материалов	Производство новых материалов через переработку и замыкание цикла производственной системы
Повторное производство	Офисная мебель, двигатели автомобилей
Экодизайн продукции по принципу «от колыбели до колыбели»	Модульный дизайн, продление использования продукции
Энерго- и ресурсосбережение	Использование тепловой энергии промышленных процессов, получение фосфатов из сточных вод. Получение редкоземельных материалов из электронного мусора
Технологии апгрейд	Улучшенные производственные системы, повышенная эффективность
Каскадное повторное использование продукции	Повторное использование материалов. Каскадное использование
Зеленые закупки	Продвижение устойчивых систем производства продуктов питания в школах, офисах и т. д.
4. Городское планирование	
Землепользование и зонирование	Планирование санитарных зон, пешеходных зон, размещение производственных объектов
Устойчивое планирование	Развитие энергоэффективных кварталов и экорайонов с нулевыми выбросами

Составлено автором по работам [45-47]

личного автомобиля использует его менее 10% времени. Для сравнения, ни один предприниматель не стал бы инвестировать в приобретение ресурса, который используется менее, чем на 10%.

Модели совместного потребления предполагают, например, использование пустующего офисного пространства для ко-воркинга или трансформации его в определенные периоды времени в гостиничные номера, каршеринговое использование автомобилей, использование пустующих квартир для сдачи под гостиничные номера, совместное использование стиральных машин для нужд нескольких квартир и т. д. Все эти модели рассчитаны на рациональное использование ресурсов и сокращение необходимости в строительстве нового жилья и коммерческих зданий, производстве бытовой техники и транспортных средств. Таким образом, формирование новой культуры потребления становится ключевым фактором успешного развития циркулярной экономики и сокращения линейных потоков материалов и энергии и требует более тщательного изучения.

В российской экономической литературе проблема перехода к модели циркулярной экономики пока изучена слабо, можно отметить лишь единичные работы, посвященные описанию общей идеи циркулярной экономики [48-49] и изучению зарубежного опыта по внедрению некоторых экоинноваций, способствующих переходу к моделям производственных систем замкнутого цикла [50]. Работ по изучению барьеров развития циркулярных моделей производства и потребления, присутствующих в российской экономике, а, тем более, работ по измерению таких барьеров и проектированию механизмов их преодоления, в российской научной литературе по экономике и менеджменту нами не выявлено. Что касается работ российских ученых, посвященных изучению новых моделей совместного потребления, то их с каждым годом становится все больше, однако большинство из них пока ориентированы на изучение западных моделей [51-53]. Среди работ, посвященных исследованию российских моделей совместного потребления можно выделить исследования Высшей школы экономики [54], проводимые методом опроса.

Выводы

В настоящее время в мировой научной литературе пока нет единой стройной теории циркулярной экономики, а также концепции, объясняющей восприимчивость социально-экономической системы к экоинновациям различных типов и позволяющей разрабатывать направленные управленческие воздействия для изменения ресурсно-расточительных способов производства и потребления экономических благ. С теоретической точки зрения решение проблемы идентификации, измерения и оценки влияния барьеров развития экоинноваций на переход к модели циркулярной экономики является наиболее перспективной траекторией исследований, которое может внести существенный вклад в развитие нового направления в теории управления инновациями. С практической точки зрения решение задачи разработки инновационных бизнес-моделей циркулярной экономики, направленных на развитие и реализацию инновационного потенциала экономических агентов и их объединений, в том числе на уровне региональных социально-экономических систем, может не только сформировать новое направление исследований в рамках экономики природопользования, но и приблизить реальный переход к новому типу экономического развития. Территориальная привязка такого рода исследований к конкретным регионам и муниципальным образованиям в данном случае жизненно необходима, так как эффективность моделей развития по циркулярному типу в существенной степени определяется точностью учета пространственного размещения производительных сил, источников энергии, сырья и материалов.

* * *

Признательность. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Администрации Краснодарского края, проект «Разработка динамической модели оптимизации региональной энергетической системы с высоким потенциалом использования биоотходов и биоресурсов как источников энергии по эколого-экономическим параметрам (на примере Краснодарского края)» № 18-410-230011_a(p).

Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и о защите окружающей среды в российской Федерации в 2014 г.». М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015.
2. Государственный доклад «О состоянии и о защите окружающей среды в российской Федерации в 2015 г.». М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2016.
3. Государственный доклад «О состоянии и о защите окружающей среды в российской Федерации в 2016 г.». М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2017.
4. Е. Ю. Хрусталева, П. Д. Ратнер. Экоинновации в электроэнергетике: оценка сравнительной эффективности // Инновации. 2015. № 9 (203). С. 86-92.
5. С. В. Ратнер, Р. М. Нижегородцев. Барьеры энергоэффективности: эмпирическое исследование // Экономическая наука современной России. 2017. № 4 (79). С. 103-117.
6. W. J. Nuttall, D. L. Manz. A new energy security paradigm for the twenty-first century // Technological Forecasting & Social Change, 2008. No. 75. P. 1247-1259.
7. COM (European Commission), 2014. Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe. Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Brussels (EN).
8. COM (European Commission), 2015. Closing the Loop – An EU Action Plan for the Circular Economy. Communication From the Commission to the European Parliament, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.
9. CIRAI (International Reference Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services), 2015. Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts. Polytechnique Montréal, Canada.
10. Standing Committee of the National People's Congress – China, 2009. Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China.
11. J. R. Mihelcic, J. C. Crittenden, J. S. Mitchell, D. R. Shonnard, D. R. Hokanson, Q. Zhang, H. Chen, A. S. Sorby, V. U. James, J. W. Sutherland, J. L. Schnoor. Sustainability science and engineering: the emergence of a new metadiscipline. Environmental Science and Technology. 2003, No. 37. P. 5314-5324.
12. P. Hardisty. Environmental and economic sustainability. New York, NY: CRC Press. 2010.
13. J. Korhonen, A. Honkasalo, J. Seppälä. Circular Economy: The Concept and its Limitations // Ecological Economics. 2018. No. 143. P. 37-46.
14. D. Frosch, N. Gallopoulos. Strategies for manufacturing // Scientific American. 1989. No. 261 (3). P. 94-102.
15. T. E. Graedel. On the concept of industrial ecology // Annual Review of Energy Environmental. 1996. No. 21. P. 69-98.
16. R. Lifset, T. E. Graedel. Industrial ecology: goals and definitions // In: R. U. Ayres, L. Ayres (Eds.), Handbook for Industrial Ecology. Edward Elgar, Brookfield, 2001.
17. L. W. Jelinski, T. E. Graedel, R. A. Laudise, D. W. McCall, C. K. N. Patel. Industrial ecology: concepts and approaches // Proceedings of Natural Academy of Science. 1992. No. 89. P. 793-797.
18. M. Chertow, J. Ehrenfeld. Organizing self-organizing systems // Journal of Industrial Ecology, 2012, No. 16 (1). P. 13-27.
19. R. Stevenson, J. W. Evans. Editorial to: cutting across interests: cleaner production, the unified force of sustainable development // Journal of Cleaner Production, 2004, No. 12. P. 185-187.
20. G. Huppes, M. Ishikawa. Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: ten basic steps for analysis // Ecology Economics, 2009, No. 68. P. 1687-1700.
21. R. Welford. Corporate environmental management, technology and sustainable development: postmodern perspectives and the need for a critical research agenda // Business Strategy Environmental, 1998, No. 7 (1). P. 1-12.
22. W. Haas, F. Krausmann, D. Wiedenhofer, M. Heinz. How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005 // Journal of Industrial Ecology, 2015, No. 19 (5). P. 765-777.
23. C. Folke. Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses // Global Environmental Change, 2006, No. 16. P. 253-267.
24. A. Crépin, R. Biggs, S. Polasky, M. Troell, A. Zeeuw. Regime shifts and management // Ecology Economist, 2012, No. 84. P. 15-22.
25. P. Hawken, A. Lovins, H. L. Lovins. Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution. BackBay, 2008.
26. G. Pauli. Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Paradigm Pubns, 2010.
27. A. Jesus, P. Antunes, R. Santos, S. Mendonca. Eco-innovation in the transition to a circular economy: An analytical literature review // Journal of Cleaner Production, 2018. No. 172. P. 2999-3018.
28. A. Jesus, S. Mendonca. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy // Ecological Economics, 2018. No. 145. P. 75-89.
29. G. D. A. Galvao, J. Nadae, D. H. Clemente, G. Chinen, M. M. Carvalho. Circular Economy: Overview of Barriers // Procedia CIRP-2018. No. 73. P. 79-85.

30. K. E. Boulding, 1966. The economics of the coming spaceship Earth/ In: H. Jarrett (Ed.), *Environmental Quality in a Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum*. Routledge. P. 3-15.
31. W. R. Stahel, G. Reday-Mulvey. *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy*. Vantage Press, New York, 1981.
32. H. Tibbs. *Industrial Ecology: An Environmental Agenda for Industry*. Emeryville, CA. Global Business Network, 1993.
33. I. R. Ehrenfeld, N. Gertler. Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg//*Journal of Industrial Ecology*, 1997. No. 1 (1). P. 67-79.
34. N. B. Jacobsen. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assessment of economic and environmental aspects// *Journal of Industrial Ecology*, 2006. No. 10. P. 239-255.
35. M. R. Chertow. «Uncoverings» industrial symbiosis//*Journal of Industrial Ecology*, 2007. No. 11. P. 11-30.
36. A. B. Lovins, L. H. Lovins, P. Hawken. *Natural Capitalism: the Next Industrial Revolution*. Earthscan, 1999.
37. M. Braungart, W. McDonough. *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, first ed. North Point Press. New York, 2002
38. T. Curran, I. D. Williams, 2012. A zero waste vision for industrial networks in Europe//*Journal of Hazardous Materials, Selected Papers Presented at the 2nd International Conference CRETE 2010, October 2010-Industrial and Hazardous Waste Management*, vol. 207. P. 3-7.
39. A. U. Zaman. A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines//*Journal of Cleaner Production*. 2015. No. 91. P. 12-25.
40. W. R. Stahel. *The Functional Economy: Cultural and Organizational Change*/In: D. J. Richards (Ed.). *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management*. Washington DC, 1997. P. 91-100.
41. W. R. Stahel, 2010. *The Performance Economy*. Second ed. Palgrave Macmillan, Basingstoke. First Edition 2006.
42. B. Krieg. *Bibliography on institutional barriers to energy conservation*. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory. 1978
43. J. Kirchherr, L. Piscicelli, R. Bour, E. Kostense-Smit, J. Muller, A. Huibrechtse-Truijens, M. Hekkert. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU)//*Ecological Economics*. 2018. No. 150. P. 264-272.
44. A. Petit-Boix, S. Leipold. Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices//*Journal of Cleaner Production*. 2018. No. 195. P. 1127-1281.
45. M. Geissdoerfer, P. Savaget, N. M. P. Bocken, E. J. Hultink, 2017. The Circular Economy: a new sustainability paradigm?// *Journal of Cleaner Production* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
46. B. Guo, Y. Geng, J. Ren, L. Zhu, Y. Liu, T. Sterr, 2017. Comparative assessment of circular economy development in China's four megacities: the case of Beijing, Chongqing, Shanghai and Urumqi// *Journal of Cleaner Production*, No. 162. P. 234-246.
47. G. Qian, C. Wang, 2016. *Circular Economy Cities*. Springer, Berlin, Heidelberg. P. 169-188.
48. Н. В. Пахомова, Рихтер К. К., Ветрова М.А. Циркулярная экономика как вызов четвертой промышленной революции// *Инновации*. 2017. № 7.
49. Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, М. А. Ветрова. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития// *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Серия: «Экономика». 2017. Т. 33. Вып. 2.
50. А. А. Григорян, Н. Ю. Бородавкина. Страны Прибалтики на пути к экономике замкнутого цикла// *Балтийский регион*, 2017. Т.9, №3. С. 7-22.
51. А. В. Вершицкий, Е. Р. Вершицкая. Методы регулирования экономики совместного потребления// *Экономика и предпринимательство*. 2017. № 10-1 (87). С. 512-516.
52. Г. А. Гимранов. Влияние экономики совместного потребления на гостиничную сферу услуг// *Экономика и управление: научно-практический журнал*. 2018. № 2 (140). С. 39-43.
53. А. А. Пепеляев. Общий город: социальные предпосылки развития экономики совместного потребления. Глобальный опыт внедрения// *Научные труды Центра перспективных экономических исследований*. 2017. № 12. С. 193-198.
54. А. Подгайская. Экономика совместного потребления: зарубежный и отечественный опыт// *Общество и экономика*. 2017. № 2. С. 36-44.

Circular economy: theoretical foundations and practical applications in the field of regional economy and management

S. V. Ratner, doctor of economics, associate professor, leading researcher, Institute of Control Sciences/professor, RUDN university, Moscow.

Economic growth in the traditional linear model of production of material goods, in which all processes are built on the principle of «mine – produce – use – discard», leads to a constant and poorly controlled increase of the environmental burden. An alternative model is the economy of closed production cycles or a circular economy, the theoretical and methodological foundations of which are only being developed in the world scientific literature. The transition to the circular economy model will allow to achieve such environmental effects as reduction of consumption of natural materials and energy, reduction of emissions and waste, production of waste and emissions in a form that ensures their natural utilization. At the same time, the advantages of moving to a circular economy model are not limited to environmental effects alone, but they also imply the achievement of a number of important economic and social effects.

The purpose of this work is to analyze modern concepts of the environmental economics and related sciences intersecting with the concept of a circular economy, to determine the general theoretical foundations and the most promising areas of research in the field of circular economy. As a result of the conducted quantitative and qualitative bibliographic analysis, it was revealed that the theoretical point of view is the solution of the problem of identification, measurement and evaluation of the impact of barriers to the development of eco-innovations on the transition to the circular economy model is the most promising research path. From a practical point of view, the most demanded is the development of innovative business models aimed at increasing and realizing the innovative potential of economic agents and their associations, primarily at the regional level.

Keywords: circular economy, eco-innovations, closed production cycle, bibliographic analysis, content analysis, barriers.