

ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ СОЦИО-ЭКОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.А. Осипов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
Россия, 394000, Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8.

Введение. В условиях глобальных изменений и ускоренного технологического прогресса возрастает необходимость в создании новых моделей социо-эколого-экономического развития строительных комплексов. Современные вызовы, такие как истощение природных ресурсов, ухудшение экологической обстановки и необходимость обеспечения устойчивого развития, требуют разработки и применения инновационных подходов. Интеграция социального, экологического и экономического аспектов деятельности строительных комплексов является ключевым направлением, направленным на создание устойчивого благополучия и повышение качества жизни общества. В данной статье рассматриваются теоретические и методологические основы трансформации концепции социо-эколого-экономического развития строительных комплексов, направленные на переход от линейной экономики к циркулярной экономике, а также на усиление роли биоэкономики и промышленной экологии в управлении устойчивым развитием.

Данные и методы. Методологическая основа исследования включает системный анализ, стратегическое планирование и экспертное прогнозирование. Системный анализ применяется для выявления взаимосвязей между социальными, экологическими и экономическими аспектами деятельности строительных комплексов. Стратегическое планирование позволяет разработать модели управления, обеспечивающие устойчивое развитие на макро-, мезо- и микроуровнях. Экспертное прогнозирование осуществляется с целью учета мнений ведущих специалистов и разработки рекомендаций по совершенствованию подходов к управлению строительными комплексами.

Полученные результаты. В ходе исследования разработана модель социо-эколого-экономического развития строительных комплексов, которая ориентирована на снижение негативного воздействия на окружающую среду и повышение эффективности использования природных ресурсов. Модель включает следующие основные направления: интеграция экологических, социальных и экономических аспектов в стратегическое управление строительными комплексами; формирование циркулярной экономики на основе моделей «зеленой», низкоуглеродной и «синей» экономики; разработка и внедрение биоэкономических подходов, направленных на использование возобновляемых ресурсов и применение технологий бионики; применение принципов промышленной экологии, основанных на создании замкнутых производственных циклов и минимизации отходов; переход от концепции эко-результативности к эко-эффективности, предполагающий разработку и внедрение инновационных технологий, обеспечивающих экологическую устойчивость и экономическую эффективность.

Заключение. Разработанная модель трансформации концепции социо-эколого-экономического развития строительных комплексов способствует повышению устойчивости и конкурентоспособности строительных предприятий в условиях глобальных изменений. Интеграция принципов биоэкономики, циркулярной экономики и промышленной экологии позволяет существенно снизить экологические риски и обеспечить стабильное экономическое развитие. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку практических рекомендаций по применению

Сведения об авторе:

Осипов Александр Анатольевич (aosipov@cchgeu.ru),
соискатель кафедры мировой и национальной экономики

On author:

Osipov Alexander A. (aosipov@cchgeu.ru), PhD student of
the Department of World and National Economy

предложенной модели в различных секторах строительной отрасли, а также на совершенствование инструментов управления устойчивым развитием строительных комплексов.

Ключевые слова: *социо-эколого-экономическое развитие, строительные комплексы, биоэкономика, промышленная экология, циркулярная экономика, устойчивое производство, эко-эффективность.*

Для цитирования:

Осипов А.А. Трансформация концепции социо-эколого-экономического развития строительных комплексов // Организатор производства. 2025. Т.33. № 1. С. 67-81. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.59.60.007

TRANSFORMATION OF THE CONCEPT OF SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC DEVELOPMENT OF CONSTRUCTION COMPLEXES

A.A. Osipov

*Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov
Russia, 394000, Voronezh, 8, Timiryazeva str.*

Introduction. *In the conditions of global changes and accelerated technological progress, there is a growing need to create new models of socio-ecological-economic development of construction complexes. Modern challenges, such as the depletion of natural resources, environmental degradation and the need to ensure sustainable development, require the development and application of innovative approaches. The integration of social, environmental and economic aspects of construction complexes is a key direction aimed at creating sustainable well-being and improving the quality of life of society. This article discusses the theoretical and methodological foundations of the transformation of the concept of socio-ecological-economic development of construction complexes, aimed at transition from linear economy to circular economy, as well as strengthening the role of bioeconomy and industrial ecology in the management of sustainable development.*

Data and methods. *The methodological framework of the study includes system analysis, strategic planning and expert forecasting. System analysis is used to identify the interrelationships between social, environmental and economic aspects of construction complexes. Strategic planning allows to develop management models that ensure sustainable development at macro-, meso- and micro-levels. Expert forecasting is carried out in order to take into account the opinions of leading specialists and develop recommendations to improve approaches to the management of construction complexes.*

Obtained results. *In the course of the research the model of socio-ecological-economic development of construction complexes was developed, which is focused on reducing the negative impact on the environment and increasing the efficiency of natural resources use. The model includes the following main directions: integration of environmental, social and economic aspects in the strategic management of construction complexes; formation of circular economy based on the models of 'green', low-carbon and 'blue' economy; development and implementation of bio-economic approaches aimed at the use of renewable resources and application of bionics technologies; application of industrial ecology principles based on the creation of closed production cycles and waste minimisation; transition from the concept of 'green', 'low-carbon' and 'blue' economy to the concept of 'green' and 'blue' economy.*

Conclusion. *The developed model of transformation of the concept of socio-ecological-economic development of construction complexes contributes to improving the sustainability and competitiveness of construction enterprises in the conditions of global changes. Integration of the principles of bioeconomy, circular economy and industrial ecology allows to significantly reduce environmental risks and ensure stable economic development. Further research will be aimed at developing practical recommendations for the application of the proposed model in various sectors of the construction industry, as well as at improving the tools for managing the sustainable development of construction complexes.*

Key words: socio-ecological-economic development, construction complexes, bioeconomy, industrial ecology, circular economy, sustainable production, eco-efficiency.

For citation:

Osipov A.A. Transformation of the concept of socio-ecological-economic development of construction complexes // Organizer of production. 2025. Vol.33. No 1. Pp. 67-81. DOI: 10.36622/1810-4894.2025.59.60.007

Введение

Строительные комплексы обладают значительным потенциалом социо-эколого-экономического развития в целях создания общества устойчивого благополучия путем внедрения эффективных методов строительства и разработки продуктов и услуг, способствующих снижению негативного воздействия, возвращающих вспять ресурсные изменения на планете. Данная благая цель требует целостного подхода к управлению инновационным развитием строительных комплексов на разных уровнях (макро-, мезо– и микро-), при котором экологические и социальные аспекты ставятся в один ряд с экономическими.

Методы

Методологическая основа исследования включает системный анализ, стратегическое планирование и экспертное прогнозирование. Системный анализ применяется для выявления взаимосвязей между социальными, экологическими и экономическими аспектами деятельности строительных комплексов. Стратегическое планирование позволяет разработать модели управления, обеспечивающие устойчивое развитие на макро-, мезо– и микроуровнях. Экспертное прогнозирование осуществляется с целью учета мнений ведущих специалистов и разработки рекомендаций по совершенствованию подходов к управлению строительными комплексами. Особое внимание уделено переходу от линейной к циркулярной экономике, обеспечивающему использование старых

продуктов и потоков материалов в качестве новых ресурсов.

Результаты

Ф. Кук [1], профессор региональных инноваций Университета прикладных наук Западной Норвегии, считает, что вызов, брошенный необходимостью контролировать антропоцентрические глобальные социальные, экономические и климатические изменения, требует управленческих решений гораздо более высокого порядка, чем любая предыдущая технологическая парадигма в мировой промышленной истории. Это связано с тем, что все предшествующие длинные волны трансформационных, радикальных технологических инноваций (промышленных революций, технологических укладов) происходили в условиях зависимости от ископаемого топлива. В этих условиях эволюцию социо-эколого-экономического развития строительных комплексов в настоящем исследовании целесообразно рассмотреть с разных исследовательских проекций:

- 1) смены промышленных революций (индустрий);
- 2) перехода от традиционного производства к устойчивому производству;
- 3) перехода от линейной к циркулярной экономике на основе экономических моделей «зеленой», низкоуглеродной, «синей» («голубой») экономики, экономики окружающей среды;
- 4) волн эволюции форм карбонизированного капитализма;
- 5) эволюции теории эко-инноваций от эко-результативности (eco-efficiency) к эко-эффективности (eco-effectiveness).

1 *Эволюция ключевых подрывных инноваций и технологических парадигм в пяти промышленных революциях.*

Пятая промышленная революция в качестве одной из основных подрывных инноваций предполагает активное внедрение достижений *биоэкономики* [2, 3] и технологических решений *бионики* [4-7] на основе использования возобновляемых ресурсов. В общем смысле, биоэкономика как подрывная инновация пятой промышленной революции есть конвергенция достижений в отраслях биологии и экологии (естественных наук), а также экономики и бизнеса [8] на основе мульти-, меж-, транс- и неодисциплинарного подходов [9].

Среди советских научных публикаций по биоэкономическим методам анализа пионерской является работа В.А. Межжерина [10], в которой метод биоэкономического анализа биологических систем рассматривается в рамках диалектико-материалистического анализа основных методов исследования в биологии и медицине.

Насколько позволил установить анализ обширной базы опубликованных и находящихся в прямом доступе научных исследований, впервые термин «биоэкономика» на русском языке встречается в публикации М.П. Полякова и М.П. Шлимовича [11] из Балтийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (БалтНИИРХ). В данной публикации впервые речь идет о развитии нового направления исследований – биоэкономике – как «системе промышленного рыболовства, которая рассматривается во взаимосвязи с биологическими, техническими, организационными, экономическими и другими системами» [11], в результате чего должны разрабатываться биоэкономические программы рационального использования природных ресурсов.

За рубежом первые теоретические основы биоэкономики заложил румынский экономист Н. Джорджеску-Реген [12], выделивший три основных постулата биоэкономики:

- перенаселенность планеты и конечность ее ресурсов;
- присущность человечеству такой эгоистичной психосоциальной модели, при которой наносится вред всей экосистеме;
- существенное влияние и могущество развитых стран по сравнению с развивающимися.

В базе Scopus первая публикация, содержащая отсылки к биоэкономике, принадлежит японскому ученому К. Икеда [13], который исследовал потребление и использование пищи отдельными личинками и популяцией древесного сверлильщика. В дальнейшем концепция биоэкономики была развита в целом ряде эссе Н. Джорджеску-Регена [14, 15].

Еще до появления биоэкономики в своих научных трудах Н. Джорджеску-Реген [16] подверг критике взгляды Р. Солоу [17], утверждая, что нужно иметь очень ошибочное представление об экономическом процессе в целом, чтобы не видеть, что не существует никаких материальных факторов, кроме природных ресурсов [18].

Согласно А. Матеосу [19], биоэкономика может считаться частью экологической («зеленой») экономики и, следовательно, одним из ее основных подходов.

2 *Эволюция социо-эколого-экономического развития строительных комплексов от традиционного к устойчивому производству, начиная с инициатив по борьбе с загрязнением окружающей среды в 1970-х годах, мотивированных дебатами вокруг нехватки производственных природных ресурсов, происходит на основе парадигмы устойчивого развития.*

Эволюция также поддерживается появлением новых технологий, таких как информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), позволяющих предложить возможности обработки, хранения и связи, необходимые для предоставления ожидаемых услуг для устойчивого развития [20].

В своих ранних работах Р. Солоу [21] рассматривал устойчивость как социально-технический атрибут развития, связанный скорее с возможным, нежели чем с желаемым обществом. Спустя 30 лет парадигма устойчивого развития достигла понимания устойчивости как динамичной и развивающейся категории, нуждающейся в обновлении стратегий и переменных в связи с социально-технологическими изменениями в строительстве и обществе. Устойчивое развитие в настоящее время стало важным вопросом во всех сферах экономики и жизнедеятельности, поскольку оно фокусируется на защите природных ресурсов от эксплуатации во имя производительности и конкурентоспособности производственных и сервисных организаций [22]. Модель устойчивого производства помогает строительным комплексам снизить риски, избежать образования отходов, повысить эффективность использования материалов и энергии, а также внедрять инновации, создавая новые и экологически безопасные продукты и услуги [20].

Для строительных комплексов проведение инновационной рационализации производства возможно на основе науки об устойчивом развитии – *промышленной экологии* [23], основанной на «квазициклическом функционировании природных экосистем» [24]. Д. ДеЛаурентис [25], М. Менненга [26] рассматривают промышленную экологию как «систему систем», которая связывает несколько замкнутых производственных систем с взаимозависимым и гармоничным круговым потоком ресурсов [27].

3 *Эволюция перехода от линейной к циркулярной экономике* осуществляется на основе экономических моделей «зеленой», низкоуглеродной, «синей» («голубой») экономики, экономики окружающей среды и др.

Концепция *циркулярной экономики* предполагает использование старых продуктов и потоков материалов в качестве новых ресурсов для экономики или природы. Циркулярная экономика – это общий термин, «материализующий экономическую концепцию, которая вписывается в контекст устойчивого развития и основана на концепциях «зеленой» экономики, экономики использования (функциональности) и промышленной экологии» [20].

Циркулярная экономика по своей сути является восстановительной экономической моделью и относится к так называемой «регенеративной парадигме» [28], поддерживающей эволюцию от эко-результативности к эко-эффективности. Парадигма регенерации основана на взаимодействии биосферы и техносферы [28].

В настоящее время масштаб системы линейной экономики превышает размер биосферы с точки зрения темпов потребления и добычи. Циркулярная экономика направлена на то, чтобы снова привести эти темпы в соответствие с планетарными границами [28].

А.В. Гребенкин и Е.О. Вегнер-Козлова [29] систематизировали ряд подходов и направлений, имеющих отношение к формированию и развитию циркулярной экономики, таких как: концепция устойчивого развития, «зеленая» экономика, «синяя» («голубая») экономика, от колыбели к колыбели, промышленная экология, экологическая экономика. Помимо перечисленных моделей, А. Матеос [19] рассматривает такие модели как экономика окружающей (природной) среды, экологическая («зеленая») экономика, экономика «космонавта» и экономика

«ковбоя», экологически ориентированная экономика. Л.Е. Задорожная и С.В. Ратнер [30] в качестве основных научных школ, изучающих социо-эколого-экономическое развитие, выделяют: эффективную экономику, промышленную экологию, регенеративный дизайн, биомикрию, от колыбели до колыбели, синюю экономику.

В экономической модели циркулярной экономики природные промышленные ресурсы (сырье, материалы) могут вернуться в биосферу без нарушений, если они не деградируют, а технические ресурсы (сырье, материалы) должны оставаться как можно дольше в техносфере, чтобы ограничить потребление сырья, отходов или выбросов [20]. Этот принцип также согласуется с принципом предварительной переработки, означаящим действия, предпринимаемые сейчас для подготовки к тому, чтобы нынешние ресурсы стали будущими ресурсами, а не отходами, накапливающимися в биосфере.

4 Ключевым явлением, вокруг которого происходит *эволюция форм карбонизированного капитализма*, является переход от энергетического режима ископаемого топлива к режиму нулевых выбросов и/или возобновляемой энергии постуглеводородной эпохи [31, 32].

Примат парадигмы устойчивого развития в долгосрочных стратегиях развития позволяет утверждать, что все технологические прогнозы, которые появятся в будущем, будут основываться на постуглеводородном ландшафте [33-35]. Нанотехнологии и биотехнологии – отраслевые драйверы шестой волны карбонизированного капитализма – являются потенциальными эко-инновациями.

5 *Эволюция теории социо-эколого-экономического развития* основана на переходе от эко-результативности к эко-эффективности.

Можно утверждать, что концепция эко-инноваций зародилась на основе интереса к

концепциям циркулярной экономики и устойчивого производства [36, 37]. Устойчивое развитие требует инноваций, включая внедрение нового или значительно улучшенного продукта (товаров или услуг) или процесса, нового метода маркетинга или нового организационного метода в деловой практике, организации рабочего места или внешнего производства [38]. Эко-инновации считаются одним из ключевых факторов для решения проблемы устойчивости (экономической, социальной и экологической) и повышения конкурентоспособности компаний, стран и регионов.

Концепция эко-инноваций относится к новым концепциям, продвигающим экологические, зеленые, ответственные и устойчивые инновационные решения, отличные от атомистических и фрагментарных предложений, имеющие важное значение для строительных комплексов из-за перспектив возможных эко-результативности и эко-эффективности.

Концепция эко-инноваций берет свое начало в работе К. Фасслера и П. Джеймса [39], которые описывают инновации, подпитываемые эко-проблемами. По результатам анализа базы Scopus установлено, что первые четыре публикации, посвященные эко-инновациям, датируются 1997 годом, а в дальнейшем количество научных публикаций экспоненциально растет. Так, за последние 20 лет было опубликовано более 1 300 работ, посвященных теме эко-инноваций. Анализ предметных областей этих работ, проведенный Х.Б. Реджебом [40], показал, что 20% из них относятся к экологическим наукам, 20% – к бизнесу и менеджменту и 15% – к инженерным наукам.

К. Мацумото и Й. Чен [41] считают, что концепция эко-результативности была разработана С. Шальтеггером и А. Штурмом [42]. С другой точки зрения, согласно С. Мутху [43], концепция эко-результативности была представлена

Всемирным советом бизнеса по устойчивому развитию (WBCSD) также в начале 1990-х годов.

Определение эко-результативности, данное WBCSD, гласит: «Достигается путем предоставления товаров и услуг по конкурентоспособной цене, которые удовлетворяют человеческие потребности и обеспечивают качество жизни, при постепенном снижении экологического воздействия и ресурсоемкости на протяжении всего жизненного цикла до уровня, по крайней мере, соответствующего расчетной несущей способности Земли» [44].

Концепция эко-результативности основана на использовании меньшего количества ресурсов для производства большего количества товаров и услуг и снижения уровня отходов и загрязнения окружающей среды. Другими словами, эко-результативность означает создание большей ценности при меньшем воздействии на окружающую среду.

WBCSD выделил семь аспектов эко-результативности [44]:

- Снижение материалоемкости товаров и услуг
- Снижение энергоемкости товаров и услуг
- Снижение рассеивания любых токсичных материалов
- Повышение пригодности материалов для вторичной переработки
- Максимально возможное использование возобновляемых ресурсов
- Повышение долговечности (срока годности) продукции
- Повышение сервисной интенсивности товаров и услуг

С начала 1990-х годов концепция эко-результативности все больше утверждалась в промышленности [45]. Более низкие затраты ресурсов должны способствовать достижению более высоких результатов при одновременном снижении воздействия на окружающую среду за счет уменьшения загрязняющих веществ. Однако с течением

времени стало совершенно очевидно, что эко-результативность может замедлить процесс загрязнения окружающей среды и растущего дефицита сырья, но не может его остановить.

С целью недопущения разочарования в социо-эколого-экономическом развитии и преодоления выявленного противоречия в настоящее время концепция эко-результативности эволюционирует в направлении достижения эко-эффективности [46-50].

Дебаты по вопросам схожести и различия эко-результативности и эко-эффективности ведутся уже длительное время [51-55].

Истоки противопоставления эко-результативности и эко-эффективности кроются в теории «От колыбели к колыбели», авторами которой являются немецкий химик М. Браунгарт и американский архитектор У. Макдоноу. Именно авторству этих ученых принадлежит термин «эко-эффективность». В своей книге М. Браунгарт У. Макдоноу [56] противопоставляют эко-эффективность показателям эко-результативности (эко-баланса), которые анализируют материальный кругооборот и его воздействие на окружающую среду от колыбели до могилы. По мнению М. Браунгарта и У. Макдоноу, эко-эффективны те продукты, которые могут либо повторно использоваться в биосфере в качестве биологических питательных веществ, либо постоянно храниться в техносфере в качестве технических питательных веществ.

Обсуждение (дискуссия)

На наш взгляд, основные отличия эко-результативности и эко-эффективности можно представить следующим образом:

– эко-результативность нацелена на то, чтобы делать правильные дела, эко-эффективность – чтобы делать дела правильно. Согласно Й. Шмидлю: «Понятие результативности («делать дела правильно») должно быть расширено до

понятия эффективности («делать правильные дела»), чтобы мы не застряли в том, чтобы делать неправильные дела правильно» [57];

– эко-результативность ставит главными целями влияние на экологические и социальные показатели, эко-эффективность – на экономические и финансовые.

Помимо перехода от эко-результативности к эко-эффективности в рамках эволюции социо-эколого-экономического развития необходимо остановиться на изменениях, происходящих в инновационных системах. По мнению английского экономиста, представителя неошумпетерианского направления в экономической науке, одного из известнейших исследователей экономических циклов в рамках концепции длинных кондратьевских волн К. Фримэна [58-60], классические инновационные системы представляют собой все элементы и их взаимосвязи, которые существуют в производстве, распространении и использовании новых и экономически полезных знаний.

Разделяя точку зрения Т. Фоксона и П. Пирсона [61], О. Пиалот [62], на наш взгляд, целесообразно говорить об социо-эколого-экономических системах, в которых экологические вопросы полностью интегрированы в экономический процесс и для которых эко-инновации можно рассматривать как рыночный стандарт. Следуя таким представлениям, концепция эко-инноваций включается в более широкий научный контекст и анализируется с динамической точки зрения [63].

Социо-эколого-экономические системы способствуют устранению несоответствий между различными ресурсными сегментами системы, такими как политика и области исследований, технологические и рыночные стандарты, финансовые институты и так далее.

Заключение

Таким образом, по результатам исследования эволюции концепций социо-эколого-экономического развития строительных комплексов в условиях глобальных изменений можно сделать вывод, что эволюции устойчивого производства способствовали многоуровневые технологические и нетехнологические эко-инновации.

Библиографический список

1. Cooke P. Transition regions: Regional-national eco-innovation systems and strategies //Progress in planning. - 2011. - Т. 76. - №. 3. - С. 105-146. DOI: 10.1016/j.progress.2011.08.002
2. Аренс Ю. А. и др. Пятая промышленная революция - инновации в области биотехнологий и нейросетей //E-Management. - 2021. - Т. 4. - №. 3. - С. 11-19. DOI: 10.26425/2658-3445-2021-4-3-11-19 EDN: WMQNJV
3. Demir K. A., Döven G., Sezen B. Industry 5.0 and human-robot co-working //Procedia computer science. - 2019. - Т. 158. - С. 688-695. DOI: 10.1016/j.procs.2019.09.104
4. Лойко А. И., Якимович Е. Б. Бионика как техногенная модификация коэволюционной динамики //Наука и техника. - 2011. - №. 1. - С. 68-72. EDN: VQBMSV
5. Асташенков П. Т. Что такое бионика. - Воениздат, 1963.
6. Гийо А., Мейе Ж. А. Бионика. Когда наука имитирует природу. - Litres, 2022.
7. Петухов С. В. Биомеханика, бионика и симметрия. - 1981. EDN: TNTFVH
8. В ВШЭ начинают готовить магистров биоэкономики. 21.05.2021. <https://www.hse.ru/news/edu/471332144.html>.
9. Помозова Н. Б. Обоснование мульти-, меж- и трансдисциплинарного подходов для анализа внешней политики в условиях усложняющейся социокультурной

динамики // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2022. № 1. С. 246-250. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-1-246-250 EDN: IKZXXI

10. Межжерин В.А. Метод биоэкономического анализа биологических систем //В сб.: Диалектико-материалистический анализ основных методов исследования в биологии и медицине. Киев. - 1972. - С. 166-175.

11. Поляков М.П., Шлимович Б.И. Управление и рациональное использование биологических ресурсов Балтийского моря. Fischerei-Forschung. Wissenschaftliche Schriftenreihe. 1976. №1 (14). https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/15859/M.Polyakov.B.Shlimovich_1976.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

12. Georgescu-Roegen N. De la science économique à la bioéconomie //Revue d'économie politique. - 1978. - Т. 88. - №. 3. - С. 337-382.

13. Ikeda K. Consumption and food utilization by individual larvae and the population of a wood borer *Phymatodes maaki* Kraatz (Coleoptera: Cerambycidae) //Oecologia. - 1979. - Т. 40. - №. 3. - С. 287-298. DOI: 10.1007/BF00345325

14. Georgescu-Roegen N., Mayumi K., Gowdy J. M. (ed.). Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen. - Edward Elgar Publishing, 1999.

15. Georgescu-Roegen N. From bioeconomics to degrowth: Georgescu-Roegen's' new economics' in eight essays. - Taylor & Francis, 2011. - Т. 11. DOI: 10.4324/9780203830413

16. Georgescu-Roegen N. Energy and economic myths //Southern economic journal. - 1975. - С. 347-381. DOI: 10.2307/1056148

17. Solow R. M. The economics of resources or the resources of economics //Classic papers in natural resource economics. - Palgrave Macmillan, London, 1974. - С. 257-276. DOI: 10.1057/9780230523210_13

18. Daly H. E. et al. Georgescu-roegen versus solow/stiglitz //Ecological Economics. - 1997. - Т. 22. - №. 3. - С. 261-266. DOI: 10.1016/S0921-8009(97)00080-3 EDN: AKLNWX

19. Матеос А. Зеленая экономика в контексте проблем устойчивого развития. Дисс... канд.экон.наук. Санкт-Петербург, 2021. https://unecon.ru/sites/default/files/dissertaciya_mateosrodrigues.pdf.

20. Iung B., Levrat E. Advanced maintenance services for promoting sustainability //Procedia CIRP. - 2014. - Т. 22. - С. 15-22. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.018

21. Solow R. M. Sustainability: an economist's perspective. - 1991.

22. Gunasekaran A., Spalanzani A. Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research and applications //International journal of production economics. - 2012. - Т. 140. - №. 1. - С. 35-47. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.05.011

23. Ehrenfeld J. R. Can industrial ecology be the "science of sustainability"? //Journal of Industrial Ecology. - 2004. - Т. 8. - №. 1-2. - С. 1-3.

24. Nielsen S. N. What has modern ecosystem theory to offer to cleaner production, industrial ecology and society? The views of an ecologist //Journal of Cleaner Production. - 2007. - Т. 15. - №. 17. - С. 1639-1653. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.08.008

25. DeLaurentis D. A., Ayyalasomayajula S. Exploring the synergy between Industrial Ecology and System of Systems to understand complexity: a case study in air transportation //Journal of Industrial Ecology. - 2009. - Т. 13. - №. 2. - С. 247-263. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2009.00121.x

26. Mennenga M. et al. Exploring the opportunities of system of systems engineering to complement sustainable manufacturing and life cycle engineering //Procedia CIRP. - 2019. - Т. 80. - С. 637-642. DOI: 10.1016/j.procir.2019.01.026

27. Janahi N. A., Durugbo C. M., Al-Jayyousi O. R. Eco-innovation strategy in

manufacturing: A systematic review //Cleaner Engineering and Technology. - 2021. - Т. 5. - С. 100343. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100343 EDN: XDAAJO

28. Wong V. W., Gurtner G. C., Longaker M. T. Wound healing: a paradigm for regeneration //Mayo Clinic Proceedings. - Elsevier, 2013. - Т. 88. - №. 9. - С. 1022-1031. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.04.012

29. Гребенкин А. В., Вегнер-Козлова Е. О. Теоретические и прикладные аспекты концепции циркулярной экономики // Журнал экономической теории. - 2020. - Т. 17. - № 2. - С. 399-411. DOI: 10.31063/2073-6517/2020.17-2.13 EDN: EABVTF

30. Задорожная Л. Е., Ратнер С. В. Драйверы экономического роста в циркулярной экономике //Друкерровский вестник. - 2020. - №. 1. - С. 21-34. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-1-21-34EDN: ALHXXN

31. Висков М. В. Анализ влияния предварительной переработки отходов на генерацию биогаза при захоронении ТБО //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. - 2012. - №. 3. - С. 92-99. EDN: PCMXUR

32. Никифоров А. Г., Сидоренков М. В. Инновационная технология предварительной переработки льнотресты в полевых условиях //Научное и техническое обеспечение апк, состояние и перспективы развития. - 2018. - С. 114-117. EDN: ХТПИВФ

33. Smith K. The challenge of environmental technology: promoting radical innovation in conditions of lock-in //Report to the Garnaut Commission: Final Draft. - 2008.

34. Павлов А. В. Капиталоцен: проблемное будущее капитализма //Вопросы философии. - 2020. - №. 8. - С. 32-42. DOI: 10.21146/0042-8744-2020-8-32-42 EDN: EFAGQR

35. Калинов В. В., Бодрова Е. В. Активизация инновационных процессов в нефтегазовом комплексе России в контексте "заката нефтяной эры" //Инновационная

наука. - 2017. - №. 2-1. - С. 135-139. EDN: XVSKGL

36. Ковалев Ю. Ю., Степанов А. В., Бурнасов А. С. Концепция биофилии Э. Фромма и перспективы коэволюции территориальных систем //Известия Уральского федерального университета. Сер. 3, Общественные науки. 2019. Т. 14. № 1 (185). - 2019. - С. 100-115. EDN: CODFGB

37. Толкачев С. А., Андрианов К. Н., Лапенкова Н. В. Интеллектуальное производство сквозь призму третьей промышленной революции //Мир новой экономики. - 2014. - №. 4. - С. 28-38. EDN: TTIDYB

38. OECD/Eurostat Oslo Manual (OECD/Eurostat, 2005).

39. Fussler C., James P. Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability. - Financial Times/Prentice Hall, 1996.

40. Rejeb H. B. et al. From Innovation to Eco-Innovation: Co-Created Training Materials as a Change Driver for Research and Technology Organisations //Procedia CIRP. - 2022. - Т. 105. - С. 98-103. DOI: 10.1016/j.procir.2022.02.017 EDN: UUSNBE

41. Matsumoto K., Chen Y. Industrial eco-efficiency and its determinants in China: A two-stage approach //Ecological Indicators. - 2021. - Т. 130. - С. 108072. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108072 EDN: YVBPOM

42. Schaltegger S., Sturm A. Ökologische rationalität: ansatzpunkte zur ausgestaltung von ökologieorientierten managementinstrumenten //die Unternehmung. - 1990. - С. 273-290.

43. Muthu S. S. Ways of measuring the environmental impact of textile processing: an overview //Assessing Environment Impact Textile Clothing Supply Chain. - 2014. - С. 32-56. DOI: 10.1533/9781782421122.32

44. World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficient leadership for improved economic and environmental performance. - World Business Council for Sustainable Development, 1996.

45. Каримова Д. Б. Ресурсная эффективность для обеспечения устойчивого развития национальной промышленности //Экологический вестник России. - 2014. - №. 2. - С. 40-42. EDN: QBWAQQ
46. Сергиенко О. И., Рон Х. Основы теории эко-эффективности //СПб.: СПбГУНиПТ. - 2004.
47. Мингалева Ж. А., Шпак Н. А. Особенности применения подхода эко-эффективности к формированию сценариев развития эколого-социо-экономических систем //Экономика и предпринимательство. - 2014. - №. 5-1. - С. 285-288. EDN: SDYHBL
48. Мингалева Ж. А. Применимость концепции эко-эффективности для развития эколого-социо-экономических систем //Эко-потенциал. - 2014. - С. 106-112. EDN: SEUSEP
49. Шляховая И. Д. Подходы к моделированию жизненного цикла продукции в рамках концепции эко-эффективности //INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH. - 2016. - С. 43-47. EDN: WQUMEP
50. Цыбинова Е. М., Хартанович Е. А. Адаптация концепции эко-эффективности для оптимизации логистических цепей в инвестиционной сфере //Логистические системы в глобальной экономике. - 2012. - №. 2. - С. 477-480. EDN: TGLAFX
51. Ankrah N. A., Manu E., Booth C. Beyond sustainable buildings: eco-efficiency to eco-effectiveness through cradle-to-cradle design. - 2015.
52. Design of Quality - Eco-Effectiveness versus Eco-Efficiency. May 2016. <https://www.qualityaustria.com/en/news/design-of-quality-eco-effectiveness-versus-eco-efficiency/>.
53. Avlonas N., Nassos G.P. Eco-effective Versus Eco-efficient. Chapter 5. Sustainability Versus Being "Less Bad". 2013.
54. Артемьев А. В. Бизнес-модель "от колыбели к колыбели". - 2018.
55. Григорян А. А., Бородавкина Н. Ю. Страны Прибалтики на пути к экономике замкнутого цикла //Балтийский регион. - 2017. - Т. 9. - №. 3. - С. 7-22. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-3-1EDN: ZFHNVD
56. Braungart M., McDonough W. Cradle to cradle. - Random House, 2009.
57. Schmidl J. Energie und Utopie. - Sonderzahl, 2014.
58. Freeman C. The 'National System of Innovation'in historical perspective //Cambridge Journal of economics. - 1995. - Т. 19. - №. 1. - С. 5-24.
59. Freeman C. et al. Innovation and growth //Chapters. - 1995. DOI: 10.4337/9781781954201.00013
60. Freeman R. B. The large welfare state as a system //The American Economic Review. - 1995. - Т. 85. - №. 2. - С. 16-21. EDN: HEMOJX
61. Foxon T., Pearson P. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime //Journal of cleaner production. - 2008. - Т. 16. - №. 1. - С. S148-S161. DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.10.011
62. Pialot O. et al. A method helping to define eco-innovative systems based on upgradability //Procedia CIRP. - 2015. - Т. 30. - С. 185-190. DOI: 10.1016/j.procir.2015.03.104
63. Sica E. Firms, finance and sustainable transitions: the financial constraints of eco-innovation companies. - Edward Elgar Publishing, 2018. DOI: 10.4337/9781788111829

Поступила в редакцию – 07 февраля 2025 г.
Принята в печать – 25 марта 2025 г.

References

1. Cooke P. Transition regions: Regional-national eco-innovation systems and strategies //Progress in planning. - 2011. - T. 76. - №. 3. - S. 105-146. DOI: 10.1016/j.progress.2011.08.002
2. Arens YU. A. i dr. Pyataya promyshlennaya revolyuciya - innovacii v oblasti biotekhnologij i nejrosetej //E-Management. - 2021. - T. 4. - №. 3. - S. 11-19. DOI: 10.26425/2658-3445-2021-4-3-11-19 EDN: WMQNJV
3. Demir K. A., Döven G., Sezen B. Industry 5.0 and human-robot co-working //Procedia computer science. - 2019. - T. 158. - S. 688-695. DOI: 10.1016/j.procs.2019.09.104
4. Lojko A. I., YAKimovich E. B. Bionika kak tekhnogennaya modifikaciya koevolucionnoj dinamiki //Nauka i tekhnika. - 2011. - №. 1. - S. 68-72. EDN: VQBMSV
5. Astashenkov P. T. CHto takoe bionika. - Voenizdat, 1963.
6. Gijo A., Meje ZH. A. Bionika. Kogda nauka imitiruet prirodu. - Litres, 2022.
7. Petuhov S. V. Biomekhanika, bionika i simmetriya. - 1981. EDN: TNTFVH
8. V VSHE nachinayut gotovit' magistrov bioekonomiki. 21.05.2021. <https://www.hse.ru/news/edu/471332144.html>.
9. Pomozova N. B. Obosnovanie mul'ti-, mezh- i transdisciplinarnogo podhodov dlya analiza vneshnej politiki v usloviyah uslozhnyayushchejsya sociokul'turnoj dinamiki // Gosudarstvennoe i municipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski. 2022. No 1. S. 246-250. DOI: 10.22394/2079-1690-2022-1-1-246-250 EDN: IKZXXI
10. Mezhhzerin V.A. Metod bioekonomicheskogo analiza biologicheskikh sistem //V sb.: Dialektiko-materialisticheskij analiz osnovnyh metodov issledovaniya v biologii i medicine. Kiev. - 1972. - S. 166-175.
11. Polyakov M.P., SHlimovich B.I. Upravlenie i racional'noe ispol'zovanie biologicheskikh resursov Baltijskogo morya. Fischerei-Forschung. Wissenschaftliche Schriftenreihe. 1976. №1 (14). https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/15859/M.Polyakov.B.Shlimovich_1976.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
12. Georgescu-Roegen N. De la science économique à la bioéconomie //Revue d'économie politique. - 1978. - T. 88. - №. 3. - S. 337-382.
13. Ikeda K. Consumption and food utilization by individual larvae and the population of a wood borer *Phymatodes maaki* Kraatz (Coleoptera: Cerambycidae) //Oecologia. - 1979. - T. 40. - №. 3. - S. 287-298. DOI: 10.1007/BF00345325
14. Georgescu-Roegen N., Mayumi K., Gowdy J. M. (ed.). Bioeconomics and sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen. - Edward Elgar Publishing, 1999.
15. Georgescu-Roegen N. From bioeconomics to degrowth: Georgescu-Roegen's' new economics' in eight essays. - Taylor & Francis, 2011. - T. 11. DOI: 10.4324/9780203830413
16. Georgescu-Roegen N. Energy and economic myths //Southern economic journal. - 1975. - S. 347-381. DOI: 10.2307/1056148
17. Solow R. M. The economics of resources or the resources of economics //Classic papers in natural resource economics. - Palgrave Macmillan, London, 1974. - S. 257-276. DOI: 10.1057/9780230523210_13
18. Daly H. E. et al. Georgescu-roegen versus solow/stiglitz //Ecological Economics. - 1997. - T. 22. - №. 3. - S. 261-266. DOI: 10.1016/S0921-8009(97)00080-3 EDN: AKLNWX
19. Mateos A. Zelenaya ekonomika v kontekste problem ustojchivogo razvitiya. Diss... kand.ekon.nauk. Sankt-Peterburg, 2021. <https://unecon.ru/sites/default/files/dissertaciyamateosrodrig.pdf>.

-
20. Lung B., Levrat E. Advanced maintenance services for promoting sustainability //Procedia CIRP. - 2014. - T. 22. - S. 15-22. DOI: 10.1016/j.procir.2014.07.018
 21. Solow R. M. Sustainability: an economist's perspective. - 1991.
 22. Gunasekaran A., Spalanzani A. Sustainability of manufacturing and services: Investigations for research and applications //International journal of production economics. - 2012. - T. 140. - №. 1. - S. 35-47. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.05.011
 23. Ehrenfeld J. R. Can industrial ecology be the "science of sustainability"? //Journal of Industrial Ecology. - 2004. - T. 8. - №. 1-2. - S. 1-3.
 24. Nielsen S. N. What has modern ecosystem theory to offer to cleaner production, industrial ecology and society? The views of an ecologist //Journal of Cleaner Production. - 2007. - T. 15. - №. 17. - S. 1639-1653. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.08.008
 25. DeLaurentis D. A., Ayyalasomayajula S. Exploring the synergy between Industrial Ecology and System of Systems to understand complexity: a case study in air transportation //Journal of Industrial Ecology. - 2009. - T. 13. - №. 2. - S. 247-263. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2009.00121.x
 26. Mennenga M. et al. Exploring the opportunities of system of systems engineering to complement sustainable manufacturing and life cycle engineering //Procedia CIRP. - 2019. - T. 80. - S. 637-642. DOI: 10.1016/j.procir.2019.01.026
 27. Janahi N. A., Durugbo C. M., Al-Jayyousi O. R. Eco-innovation strategy in manufacturing: A systematic review //Cleaner Engineering and Technology. - 2021. - T. 5. - S. 100343. DOI: 10.1016/j.clet.2021.100343 EDN: XDAAJO
 28. Wong V. W., Gurtner G. C., Longaker M. T. Wound healing: a paradigm for regeneration //Mayo Clinic Proceedings. - Elsevier, 2013. - T. 88. - №. 9. - S. 1022-1031. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.04.012
 29. Grebenkin A. V., Vegner-Kozlova E. O. Teoreticheskie i prikladnye aspekty koncepcii cirkulyarnoj ekonomiki // ZHurnal ekonomicheskoy teorii. - 2020. - T. 17. - №. 2. - S. 399-411. DOI: 10.31063/2073-6517/2020.17-2.13 EDN: EABBTf
 30. Zadorozhnyaya L. E., Ratner S. V. Drajvery ekonomicheskogo rosta v cirkulyarnoj ekonomike //Drukerovskij vestnik. - 2020. - №. 1. - S. 21-34. DOI: 10.17213/2312-6469-2020-1-21-34EDN: ALHHXN
 31. Viskov M. V. Analiz vliyaniya predvaritel'noj pererabotki othodov na generaciyu biogaza pri zahoroneni TBO //Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Urbanistika. - 2012. - №. 3. - S. 92-99. EDN: PCMXUR
 32. Nikiforov A. G., Sidorenkov M. V. Innovacionnaya tekhnologiya predvaritel'noj pererabotki l'notresty v polevyh usloviyah //Nauchnoe i tekhnicheskoe obespechenie apk, sostoyanie i perspektivy razvitiya. - 2018. - S. 114-117. EDN: XTPIVF
 33. Smith K. The challenge of environmental technology: promoting radical innovation in conditions of lock-in //Report to the Garnaut Commission: Final Draft. - 2008.
 34. Pavlov A. V. Kapitalocen: problemnoe budushchee kapitalizma //Voprosy filosofii. - 2020. - №. 8. - S. 32-42. DOI: 10.21146/0042-8744-2020-8-32-42 EDN: EFAGQR
 35. Kalinov V. V., Bodrova E. V. Aktivizaciya innovacionnyh processov v neftegazovom komplekse Rossii v kontekste "zakata neftyanoj ery" //Innovacionnaya nauka. - 2017. - №. 2-1. - S. 135-139. EDN: XVSKGL
 36. Kovalev YU. YU., Stepanov A. V., Burnasov A. S. Koncepciya biofilii E. Fromma i perspektivy koevolucii territorial'nyh sistem //Izvestiya Ural'skogo federal'nogo universiteta. Ser. 3, Obshchestvennyye nauki. 2019. T. 14. № 1 (185). - 2019. - S. 100-115. EDN: CODFGB

37. Tolkachev S. A., Andrianov K. N., Lapenkova N. V. Intellektual'noe proizvodstvo skvoz' prizmu tret'ej promyshlennoj revolyucii //Mir novoj ekonomiki. - 2014. - №. 4. - S. 28-38. EDN: TTIDYB
38. OECD/Eurostat Oslo Manual (OECD/Eurostat, 2005).
39. Fussler C., James P. Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability. - Financial Times/Prentice Hall, 1996.
40. Rejeb H. B. et al. From Innovation to Eco-Innovation: Co-Created Training Materials as a Change Driver for Research and Technology Organisations //Procedia CIRP. - 2022. - T. 105. - S. 98-103. DOI: 10.1016/j.procir.2022.02.017 EDN: UUSNBE
41. Matsumoto K., Chen Y. Industrial eco-efficiency and its determinants in China: A two-stage approach //Ecological Indicators. - 2021. - T. 130. - S. 108072. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.108072 EDN: YVBPOM
42. Schaltegger S., Sturm A. Ökologische rationalität: ansatzpunkte zur ausgestaltung von ökologieorientierten managementinstrumenten //die Unternehmung. - 1990. - S. 273-290.
43. Muthu S. S. Ways of measuring the environmental impact of textile processing: an overview //Assessing Environment Impact Textile Clothing Supply Chain. - 2014. - S. 32-56. DOI: 10.1533/9781782421122.32
44. World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficient leadership for improved economic and environmental performance. - World Business Council for Sustainable Development, 1996.
45. Karimova D. B. Resursnaya effektivnost' dlya obespecheniya ustojchivogo razvitiya nacional'noj promyshlennosti //Ekologicheskij vestnik Rossii. - 2014. - №. 2. - S. 40-42. EDN: QBWAQQ
46. Sergienko O. I., Ron H. Osnovy teorii eko-effektivnosti //SPb.: SPbGUNIPT. - 2004.
47. Mingaleva ZH. A., SHpak N. A. Osobennosti primeneniya podhoda eko-effektivnosti k formirovaniyu scenarijev razvitiya ekologo-socio-ekonomicheskikh sistem //Ekonomika i predprinimatel'stvo. - 2014. - №. 5-1. - S. 285-288. EDN: SDYHBL
48. Mingaleva ZH. A. Primenimost' koncepcii eko-effektivnosti dlya razvitiya ekologo-socio-ekonomicheskikh sistem //Eko-potencial. - 2014. - S. 106-112. EDN: SEUSEP
49. SHlyahovaya I. D. Podhody k modelirovaniyu zhiznennogo cikla proizvodstva v ramkah koncepcii eko-effektivnosti //INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH. - 2016. - S. 43-47. EDN: WQUMEP
50. Cybinova E. M., Hartanovich E. A. Adaptaciya koncepcii eko-effektivnosti dlya optimizacii logisticheskikh cepej v investicionnoj sfere //Logisticheskie sistemy v global'noj ekonomike. - 2012. - №. 2. - S. 477-480. EDN: TGLAFX
51. Ankrah N. A., Manu E., Booth C. Beyond sustainable buildings: eco-efficiency to eco-effectiveness through cradle-to-cradle design. - 2015.
52. Design of Quality - Eco-Effectiveness versus Eco-Efficiency. May 2016. <https://www.qualityaustria.com/en/news/design-of-quality-eco-effectiveness-versus-eco-efficiency/>.
53. Avlonas N., Nassos G.P. Eco-effective Versus Eco-efficient. Chapter 5. Sustainability Versus Being "Less Bad". 2013.
54. Artem'ev A. V. Biznes-model' "ot kolybeli k kolybeli". - 2018.
55. Grigoryan A. A., Borodavkina N. YU. Strany Pribaltiki na puti k ekonomike zamknutogo cikla //Baltijskij region. - 2017. - T. 9. - №. 3. - S. 7-22. DOI: 10.5922/2074-9848-2017-3-1EDN: ZFHNVD
56. Braungart M., McDonough W. Cradle to cradle. - Random House, 2009.
57. Schmidl J. Energie und Utopie. - Sonderzahl, 2014.

-
58. Freeman C. The 'National System of Innovation'in historical perspective //Cambridge Journal of economics. - 1995. - T. 19. - №. 1. - S. 5-24.
59. Freeman C. et al. Innovation and growth //Chapters. - 1995. DOI: 10.4337/9781781954201.00013
60. Freeman R. B. The large welfare state as a system //The American Economic Review. - 1995. - T. 85. - №. 2. - S. 16-21. EDN: HEMOJX
61. Foxon T., Pearson P. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime //Journal of cleaner production. - 2008. - T. 16. - №. 1. - S. S148-S161. DOI: 10.1016/j.jclepro.2007.10.011
62. Pialot O. et al. A method helping to define eco-innovative systems based on upgradability //Procedia CIRP. - 2015. - T. 30. - S. 185-190. DOI: 10.1016/j.procir.2015.03.104
63. Sica E. Firms, finance and sustainable transitions: the financial constraints of eco-innovation companies. - Edward Elgar Publishing, 2018. DOI: 10.4337/9781788111829

Received for publication - February 07, 2025.

Accepted for publication – March 25, 2025.