

Интегральная оценка готовности отраслей промышленности Арктической зоны России к внедрению технологий циркулярной экономики

Т.А. Головина , И.Л. Авдеева 

Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС,
302028, Орел, ул. Октябрьская, д. 12, Российская Федерация

 golovina_t78@mail.ru

Аннотация. В XXI в. большинство мировых держав стало формировать новые модели эффективного хозяйствования, которые в отличие от традиционной модели линейной экономики направлены на одновременное обеспечение экономического роста и сохранение экосистемы планеты. Наиболее эффективная модель получила название «циркулярная экономика», и ее ключевым вектором является повышение эффективности использования ресурсов и увеличение сроков службы продуктов на основе экологических преимуществ путем использования наименьшего количества как материальных, так и природных ресурсов. Однако внедрение принципов циркулярной экономики сталкивается с серьезными нормативными барьерами, отсутствием системной методологии управления и оценки готовности экономических систем к переходу на новые бизнес-модели. В статье предложена методика оценки потенциала перехода к циркулярной экономике в рамках отраслевого развития Арктической зоны на основе метода интегральных оценок и авторской системы аналитических показателей, учитывающих не только активность экологического поведения промышленных предприятий, но и масштаб инновационной деятельности. Осуществлена типологизация видов экономической деятельности отраслей промышленности российской Арктики с выделением пяти кластеров: сильный инноватор циркулярной экономики – обрабатывающие производства; строительство; среднесильный инноватор циркулярной экономики – добыча полезных ископаемых; обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; средний инноватор циркулярной экономики – водоснабжение; водоотведение; организация сбора и утилизации отходов; деятельность по ликвидации загрязнений; среднеслабый инноватор циркулярной экономики – деятельность в области информации и связи; слабый инноватор циркулярной экономики – сельское, лесное хозяйство; охота; рыболовство и рыбоводство со схожими уровнями эколого-ориентированного развития и темпами внедрения экологических инноваций. Кластеризация свидетельствует о том, что наилучших результатов в реализации циркулярной экономики достиг кластер, представленный такими отраслями как «Обрабатывающие производства» и «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений». В свою очередь, отрасли сельского хозяйства, рыболовства, рыбоводства, а также бизнес-структуры, деятельность которых связана с информацией и связью, требуют активизации эколого-ориентированной деятельности как с позиции государственной поддержки, так и развития внутреннего потенциала и повышения экологической ответственности. Сделан вывод о том, что относящиеся к выделенным в исследовании пяти кластерам виды промышленного производства имеют различия в возможностях и потребностях внедрения экологических инноваций и развитии концепции циркулярной экономики. На основе интегральной оценки активности отраслей промышленности Арктической зоны РФ, выделенных на основе Общероссийского классификатора видов экономической деятельности, к внедрению технологий циркулярной экономики и определения показателя экологической отдачи выделены лидеры – инноваторы циркулярной экономики, определены факторы, оказывающие влияние на экологическую активность промышленных предприятий и перспективы ее развития на территории российской Арктики.

Ключевые слова: циркулярная экономика, экологические инновации, экологическая активность, кластер, интегральная оценка, отрасли промышленности, Арктическая зона России

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00659, <https://rscf.ru/project/23-28-00659/>

Для цитирования: Головина Т.А., Авдеева И.Л. Интегральная оценка готовности отраслей промышленности Арктической зоны России к внедрению технологий циркулярной экономики. *Экономика промышленности*. 2025;18(1):78–89. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1388>

Integrated assessment of readiness of the Russian Arctic zone industries for implementation of technologies of circular economy

T.A. Golovina  , I.L. Avdeeva 

Central Russian Institute of Management (Branch of RANEP),

12 Oktyabrskaya Str., Oryol 302028, Russian Federation

 golovina_t78@mail.ru

Abstract. In the 21st century, most global powers have started creating new models of efficient management which, unlike the traditional linear economy model, are aimed at simultaneous maintenance of economic growth and preservation of the planet's environment. The most effective model is called 'circular economy', and its key vector is improvement of resource efficiency and extension of the service life of products on the basis of environmental advantages by using the least amount of both material and natural resources. However, the implementation of the circular economy principles faces serious regulatory barriers, lack of system methodology of management and assessment of the economic systems' readiness for the transition to new business models. The article presents a method of assessment of potential of the transition to circular economy within the framework of industrial development of the Arctic zone on the basis of the method of integral estimates and the authors' system of analytical indicators which take into account both the environmental behavior activism of industrial enterprises and the scale of innovative activity. The authors have carried out typologization of the types of economic activity of the Russian Arctic zone industries and identified five clusters: a strong circular economy innovator – the manufacturing industries, construction; a medium-strong circular economy innovator – mining, power, gas and steam supply, air-conditioning; a medium circular economy innovator – water supply, sanitation, waste management, pollution elimination activities; a medium-weak circular economy innovator – information and communication activity; a weak circular economy innovator – agriculture and forestry, hunting, fishing and fish farming with similar levels of environment-oriented development and pace of environmental innovation. Clusterization indicates that the best results in implementation of the circular economy have been achieved by the cluster that includes such industries as 'Manufacturing industries' and 'Water supply and sanitation, waste management, pollution elimination activities'. In their turn, agriculture, fishing, fish farming and business structures involved in information and communication require the activation of environment-oriented activities from the standpoint of state support, as well as the development of internal potential and increased environmental responsibility. The authors conclude that types of industrial production belonging to the five clusters identified in the study differ in the opportunities and needs for environmental innovation and development of the circular economy concept. On the basis of integral estimate of the activities of the Russian Arctic zone industries identified according to the All-Russian Classifier of Economic Activities, the authors have chosen leading circular economy innovators for implementing the circular economy technologies and determining the environmental impact indicator, and defined the factors that affect the environmental activity of the industrial enterprises and the prospects for its development in the Russian Arctic zone.

Keywords: circular economy, environmental innovation, environmental activity, cluster, integral estimate, industries, the Russian Arctic zone

Acknowledgements: The study has been carried out with the support of the Russian Scientific Foundation grant No. 23-28-00659, <https://rscf.ru/project/23-28-00659/>

For citation: Golovina T.A., Avdeeva I.L. Integrated assessment of readiness of the Russian Arctic zone industries for implementation of technologies of circular economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2025;18(1):78–89. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2025-1-1388>

Комплексная оценка готовности российских промышленных предприятий к внедрению циркулярной экономики

Т.А. Головина , И.Л. Авдеева 

Институт менеджмента -- Российский институт экономики и управления
302028, Российская Федерация, Москва, ул. Октябрьская, д. 12

 golovina_t78@mail.ru

Аннотация: В XXI веке, большинство развитых стран начинают формировать новые эффективные экономические модели, которые отличаются от традиционных линейных моделей. Их целью является одновременное достижение экономического роста и охраны окружающей среды. Наиболее эффективной моделью считается «циркулярная экономика», основанная на минимизации использования материальных и природных ресурсов, при этом повышается эффективность использования ресурсов, продлевается срок службы продукции. Однако, внедрение принципов циркулярной экономики сталкивается с серьезными административными барьерами, недостатком системных методов управления и оценки готовности экономики к переходу на новые модели. В статье предложена методика комплексной оценки готовности российских промышленных предприятий к внедрению циркулярной экономики в рамках отраслевого подхода. Методика основана на комплексном методе оценки и авторском наборе показателей, учитывающих не только экологические аспекты деятельности предприятий, но и масштабы инновационной деятельности. Для российских промышленных предприятий проведено классифицирование по степени готовности к внедрению циркулярной экономики, выявлено пять групп: лидеры циркулярной экономики — металлургия; строительство; циркулярная экономика — энергетика, электричество, газ и пароснабжение; водоснабжение; канализация; организация сбора и утилизации отходов; циркулярная экономика — информационно-коммуникационные технологии; циркулярная экономика — сельское хозяйство, лесное хозяйство, охота; рыболовство и аквакультура имеют схожую ориентацию на развитие и инновации. Классификация показывает, что «металлургия» и «водоснабжение; канализация; организация сбора и утилизации отходов» являются лидерами в реализации циркулярной экономики. В то время как сельское хозяйство, рыболовство и аквакультура, а также информационно-коммуникационные технологии нуждаются в государственной поддержке и развитии внутреннего потенциала и ответственности за окружающую среду. Выводы: в исследовании определены пять групп промышленных предприятий по степени готовности к внедрению циркулярной экономики. Анализ показал, что в России лидеры в реализации циркулярной экономики — это металлургия и водоснабжение; канализация; организация сбора и утилизации отходов. Сельское хозяйство, рыболовство и аквакультура, а также информационно-коммуникационные технологии нуждаются в государственной поддержке и развитии внутреннего потенциала и ответственности за окружающую среду. Выводы: в исследовании определены пять групп промышленных предприятий по степени готовности к внедрению циркулярной экономики.

Ключевые слова: циркулярная экономика, инновации, экологические мероприятия, кластеры, комплексная оценка, промышленность, Российская Федерация

Благодарности: Исследование поддержано Российским фондом фундаментальных исследований, грант № 23-28-00659, <https://rscf.ru/project/23-28-00659/>

Введение

Развитие экономических систем на основе технологий циркулярной экономики для отечественной науки в области менеджмента и экономики является достаточно новым явлением. Своим началом данная концепция берет в странах, которые испытывают большие проблемы с ограничением ресурсов и экологией окружающей среды [1; 2]. Первые упоминания о циркулярной экономике относятся к 1960-м годам и обусловлены развитием постиндустриального общества, которое сопровождалось технологическим и техническим прогрессом [3]. Прогресс открыл не только возможности модернизации и преобразования бизнес-процессов, но и повысил уровень информирования общества о негативных факторах воздействия результатов производства на экологию [4; 5].

В российской научной литературе повышенный интерес к концепции циркулярной экономики становится заметным начиная с 2019 г. и проявляется в систематизации накопленного лучшего опыта в управлении с отходами, а также

разработке методических подходов к повышению эффективности рециркуляционных процессов в промышленности [6–8], причем количество публикаций отечественных и зарубежных ученых по данной тематике продолжает расти. Многие страны на национальном уровне приняли стратегии развития циркулярной экономики, наметили шаги по ее адаптации к деятельности промышленных предприятий [9].

Возможность переработки открывает большие перспективы для применения в дальнейшей деятельности переработанных ресурсов, так как позволяет осуществить переработку и обеспечить возврат в экономику уже использованных материалов, что снижает общую стоимость производства [10]. Данный принцип является одним из ключевых в достижении цели Zero Waste (ноль отходов) в производстве.

В России же, в сравнении с зарубежными странами, развитие циркулярной экономики только начинает набирать обороты и пока что находится на зачаточном уровне, включая и законодательную часть [11]. Важным событием стало принятие

Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла», руководителем которого назначена Публично-правовая компания по формированию комплексной системы обращения с твердыми коммунальными отходами «Российский экологический оператор», реализуемый в рамках национального проекта «Экология»¹.

В дополнение к Федеральному проекту планируется принятие Федерального закона «Об экономике замкнутого цикла», который бы устанавливал взаимодействие всех участников рынка, органов исполнительной власти и муниципалитетов и определял орган, координирующий действие всех участников процесса на пути перехода к новой экономической модели.

Большое внимание строительству новых экотехнопарков и развитию инфраструктуры переработки стало уделяться в России с 2021 г. [12; 13]. Что касается такой инфраструктуры на территории РФ, то важно отметить, что реализация проектов по ее созданию будет проходить на определенных территориях, вся деятельность которых направлена на вовлечение отходов в хозяйственный оборот, формирование промышленных симбиозов и такой схемы взаимодействия участников производственного процесса, при которой отходы от производства одной продукции становились бы сырьем для других технологических процессов.

Одной из территорий России, где проблема вовлечения отходов и стабилизация экологической обстановки требует пристального внимания, является Арктическая зона [14; 15]. Суровый климат, низкая плотность населения, присутствие уникальных природных ландшафтов делают деятельность промышленных предприятий сложной и требующей индивидуального продуманного подхода [16; 17]. Для разработки эффективной эколого-ориентированной промышленной политики на территории российской Арктики необходима оценка уровня готовности и возможности, в первую очередь, бизнес-структур к активному внедрению технологий циркулярной экономики. Следует отметить, что в настоящее время отсутствуют методики, учитывающие отраслевую принадлежность предприятия и взаимовлияние инновационной деятельности и концепции циркулярной экономики.

Кластеризация отраслей промышленности Арктической зоны с позиции формирования и развития циркулярной экономики

С точки зрения готовности к внедрению и развитию технологий циркулярной экономики отрасли в субъектах России, территории которых полностью или частично относятся к Арктической зоне, считаем целесообразным выделить пять кластеров. Кластер – это отдельная отрасль или объединение отраслей экономики со схожими уровнями эколого-ориентированного развития и темпами внедрения экологических инноваций:

- сильный инноватор циркулярной экономики (кластер № 1);
- среднесильный инноватор циркулярной экономики (кластер № 2);
- средний инноватор циркулярной экономики (кластер № 3);
- среднеслабый инноватор циркулярной экономики (кластер № 4);
- слабый инноватор циркулярной экономики (кластер № 5).

Деятельность кластера № 1 характеризуется абсолютной степенью эколого-ориентированной активностью, циркулярные технологии выступают целевым ориентиром, отрасли производят преимущественно продукцию с применением технологий циркулярной экономики.

Деятельность кластера № 2 реализуется в условиях жесткой конкуренции, постоянно требуется активизация эколого-ориентированного вектора развития, бизнес-процессы отраслей характеризуются высокой сложностью и требуют внедрения технологий циркулярной экономики.

Деятельность кластера № 3 в большей степени характеризуется эколого-ориентированной направленностью в бизнес-процессах и активным использованием технологий циркулярной экономики, однако отдельные составляющие кластера являются фондоемкими, требуют значительных вложений в техническое оснащение.

Деятельность кластера № 4 не ставит первоочередной задачей активное внедрение технологий циркулярной экономики, характеризуется незначительными объемами масштаба и производства, что определяет экологическую активность среднего уровня.

Деятельность кластера № 5 подвержена негативному воздействию таких факторов, как невысокие объемы производства, слабые тенденции к внедрению технологий циркулярной экономики и экологических инноваций.

Определение принадлежности к кластеру промышленных отраслей, представленных на территории российской Арктики, осуществлялось на

¹ Паспорт Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла». Режим доступа: https://news.solidwaste.ru/wpcontent/uploads/2022/07/EZTs_pasport.pdf?ysclid=1weperep1a484617700 (дата обращения: 17.11.2024).

основе Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД 2)² и Федерального закона от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации»³, а также индикаторов развития циркулярной экономики, представленных в различных международных базах данных.

Исследуемый отраслевой компонент в рамках данного научного исследования включает такие ВЭД: водоснабжение; водоотведение; организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений; деятельность в области информации и связи; добыча полезных ископаемых; обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха; обрабатывающие производства; сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство; строительство.

Очевидно, что отраслевые комплексы территории Арктической зоны России характеризуются различным уровнем развития экологических инноваций и активностью внедрения технологий циркулярной экономики, динамику которого целесообразно оценивать на основе мониторинга. Для его осуществления используются базы данных OECD⁴, EURO Stat⁵, Russia Stat⁶, China Stat⁷. Систематизация баз данных в области мониторинга функционирования и развития циркулярной экономики приведена на **рис. 1**.

Для идентификации отраслей циркулярной экономики с различным уровнем использования экологических инноваций и технологий, а также экологической ответственностью будем использовать типологию разделения основных видов экономической деятельности на территории Арктической зоны на пять выделенных кластеров.

Кластеризация отраслей промышленности Арктической зоны с позиции формирования

² «ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности» (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 20.11.2024). Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/?ysclid=m7a8dga-gk7374684349/ (дата обращения: 25.11.2024).

³ Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации» от 31.12.2014. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173119/ (дата обращения: 25.11.2024).

⁴ База данных OECD. Режим доступа: <https://www.oecd.org/en/data.html/> (дата обращения: 25.11.2024).

⁵ База данных EURO Stat. Режим доступа: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database/> (дата обращения: 25.11.2024).

⁶ База данных Russia Stat. Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).

⁷ База данных China Stat. Режим доступа: <https://www.stats.gov.cn/english/> (дата обращения: 25.11.2024).

и развития циркулярной экономики может быть представлена следующими типами:

1) сильный инноватор циркулярной экономики – обрабатывающие производства; строительство (кластер № 1);

2) среднесильный инноватор циркулярной экономики – добыча полезных ископаемых; обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха (кластер № 2);

3) средний инноватор циркулярной экономики – водоснабжение; водоотведение; организация сбора и утилизации отходов; деятельность по ликвидации загрязнений (кластер № 3);

4) среднеслабый инноватор циркулярной экономики – деятельность в области информации и связи (кластер № 4);

5) слабый инноватор циркулярной экономики – сельское, лесное хозяйство; охота; рыболовство и рыбоводство (кластер № 5).

Выделенная типология отраслей промышленности для принятия управленческих решений по активизации процесса развития циркулярной экономики требует выделения дополнительных количественных показателей.

Методика интегральной оценки экологической активности отраслей промышленности Арктической зоны Российской Федерации

Считаем целесообразным использование интегрального показателя, объединяющего показатели инновационного развития отрасли и уровень внедрения технологий циркулярной экономики на промышленных предприятиях.

Применение данного методического подхода позволит получить оценку характера экологической активности среди выделенных типов инноваторов циркулярной экономики; определить факторы, которые содействуют и препятствуют развитию циркулярной экономики в промышленных отраслях; осуществить мониторинг динамических изменений в развитии эколого-ориентированной деятельности хозяйствующих субъектов.

Алгоритм формирования интегральной оценки включает три этапа: на первом этапе осуществляется нормирование исходных данных; на втором происходит интегрирование данных в единые оценки, на третьем этапе определяется общий интегратор.

Исходными аналитическими данными для формирования интегральной оценки выступают показатели развития отраслей промышленности, ранее сгруппированные в пять кластеров. На данном этапе определяются средние уровни каждого показателя относительно типов инноваторов циркулярной экономики (**табл. 1**).

Для интегрирования необходимо провести нормирование аналитических показателей, так как они представлены в различных единицах измерения. В исследовании был применен метод нормирования относительно максимального значения показателя в выделенных типах кластеров (z_{\max}):

$$Z_{ni} = \frac{z_i}{z_{\max k}}. \quad (1)$$

Выбор такого метода обусловлен приоритетностью развития циркулярной экономики в субъектах Арктической зоны России с максимальной интенсивностью данного процесса.

Данные табл. 1 показывают, что максимальные значения достигнуты в кластере № 1 («Обрабатывающие производства, строительство»), именно в данных отраслях в настоящее время в приоритете выделяется «зеленая» повестка развития.

Разделы базы данных	Russia Stat
	<ul style="list-style-type: none"> — Количество образованных отходов производства и потребления, т — Количество образованных отходов производства и потребления (опасных), т — Количество использованных отходов производства и потребления, т — Количество обезвреженных и утилизированных отходов производства и потребления, т — Вывезено твердых коммунальных отходов на объекты, используемые для обработки отходов, тыс. м³ — Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию — Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию в местах хранения — Размещение отходов производства и потребления на объектах, принадлежащих предприятию в местах захоронения — Количество патентов, связанных с переработкой и вторичным сырьем (из Европейской статистики), шт. — Образование и обращение отходов производства и потребления — Образование твердых бытовых отходов на душу населения как индикатор эффективности потребления — Ресурсоэффективность экономики в целом, включая материалоемкость в абсолютном выражении и на единицу ВВП — Ресурсоэффективность отраслей экономики, включая материалоемкость по видам экономической деятельности, показатели использования вторичных ресурсов в отраслях экономики, потери ресурсов в процессе производства
	China Stat
	<ul style="list-style-type: none"> — Выбросы основных загрязняющих веществ со сточными водами по основным городам, тыс. т — Выбросы основных загрязняющих веществ в сточные воды по регионам, тыс. т — Выбросы основных загрязняющих веществ в отходящих газах по регионам, тыс. т — Выбросы основных загрязняющих веществ в отходящих газах в основных городах, тыс. т — Размещение и утилизация твердых промышленных отходов по регионам, тыс. т — Вывоз и утилизация твердых промышленных отходов в крупных городах, тыс. т — Качество атмосферного воздуха в ключевых городах
	EURO Stat
	<ul style="list-style-type: none"> — Индикаторы сферы производства и потребления — Индикаторы обращения с отходами — Индикаторы вторичного сырья — Индикаторы конкурентоспособности и инновации
	OECD
	<ul style="list-style-type: none"> — Общее количество образующихся отходов — Муниципальные отходы (производство, утилизация) — Пищевые отходы — Материальные ресурсы — Инновации в технологиях, связанные с окружающей средой — Индекс строгости экологической политики — «Зеленый» рост

Рис. 1. Систематизация баз данных в области мониторинга функционирования и развития циркулярной экономики

Источник: разработано авторами на основе [18–21]

Fig. 1. Systematization of databases in the field of monitoring the functioning and development of the circular economy
Source: compiled by the authors based on [18–21]

Таблица 1 / Table 1

Средние уровни отраслевых показателей Арктической зоны России по степени развития циркулярной экономики (2018–2022 гг.)

Average levels of sectoral indicators of the Arctic zone of Russia by the degree of circular economy development (2018–2022)

Показатели развития технологий циркулярной экономики	Средние значения по кластерам инноваторов циркулярной экономики				
	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5
1. Экологическая вовлеченность					
Уровень экологической активности предприятия, %	63	35	8	14	8
Доля предприятий, внедряющих технологические инновации, %	78	42	8	15	10
Доля предприятий, внедряющих организационные инновации, %	7	5	2	1	1
Доля предприятий, внедряющих экологические инновации, %	4	4	1	1	1
2. Использование экологических инноваций					
Объемы произведенной продукции с внедрением технологических инноваций, млн руб.	47 488	15260	7827	1129	3578
Количество приобретенных предприятиями инновационных технологий, программных средств, ед.	564	61	58	12	60
Число используемых передовых эколого-ориентированных производственных технологий, ед.	2511	1014	877	256	226
3. Реализация технологий циркулярной экономики					
Число разработанных передовых циркулярных технологий, ед.	52	3	4	1	5
Число принципиально новых разработанных передовых циркулярных технологий, ед.	42	3	4	1	4
Удельный вес продуктов, произведенных с применением технологий циркулярной экономики, %	5	3	2	1	4
4. Масштабность затрат на развитие циркулярной экономики					
Затраты на инновационные циркулярные технологии, млн руб.	50017	4623	4603	557	3777
Доля затрат на внедрение циркулярных технологий, %	5	3	2	1	3
Затраты на внедрение экологических инноваций, млн руб.	39	82	44	4	3
5. Результативность внедрения технологий циркулярной экономики					
Уровень влияния технологий циркулярной экономики на соответствие производственного процесса действующим экологическим регламентам:					
1 – низкий уровень влияния	10	2	1	1	1
2 – средний уровень влияния	21	5	6	2	4
3 – высокий уровень влияния	19	3	7	2	3
4 – влияние отсутствует	27	4	9	4	5
6. Интенсивность циркулярной трансформации					
Предприятия, применяющие цифровые технологии для управления процессами внедрения технологий циркулярной экономики, %	6	4	5	7	3
Число предприятий, внедривших технологии циркулярной экономики	15	12	10	8	7

Примечание: Составлено авторами по данным региональной статистики, данным муниципальной статистики, официальной статистики, применительно к субъектам, входящим в состав Арктической зоны Российской Федерации.

Результаты нормирования аналитических показателей приведены в **табл. 2**.

Следующим этапом методики стало промежуточное интегрирование применительно к выделенным кластерам нормированных аналитических данных. Для этих целей была применена средняя геометрическая:

$$I_k = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n z_{ni}}, \quad (2)$$

где I_k – интегральный показатель промежуточного уровня по отдельному элементу, характеризующему развитие циркулярной экономики; n – количество показателей по отдельному элементу k .

Таблица 2 / Table 2

Нормированные значения аналитических показателей развития циркулярной экономики в отраслях промышленности Арктической зоны России

Normalized values of analytical indicators of circular economy development in the industries of the Arctic zone of Russia

Показатели развития технологий циркулярной экономики	Средние значения по кластерам инноваторов циркулярной экономики				
	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5
1. Экологическая вовлеченность					
Уровень экологической активности предприятия, %	1,0	0,6	0,1	0,2	0,1
Доля предприятий, внедряющих технологические инновации, %	1,0	0,5	0,1	0,2	0,1
Доля предприятий, внедряющих организационные инновации, %	1,0	0,8	0,3	0,3	0,1
Доля предприятий, внедряющих экологические инновации, %	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
2. Использование экологических инноваций					
Объемы произведенной продукции с внедрением технологических инноваций, млн.руб.	1,0	0,3	0,2	0,02	0,08
Количество приобретенных предприятиями инновационных технологий, программных средств, ед.	1,0	0,1	0,1	0,02	0,1
Число используемых передовых эколого-ориентированных производственных технологий, ед.	1,0	0,4	0,3	0,1	0,1
3. Реализация технологий циркулярной экономики					
Число разработанных передовых циркулярных технологий, ед.	1,0	0,1	0,1	0,02	0,1
Число принципиально новых разработанных передовых циркулярных технологий, ед.	1,0	0,02	0,02	0,01	0,1
Удельный вес продуктов, произведенных с применением технологий циркулярной экономики, %	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1
4. Масштабность затрат на развитие циркулярной экономики					
Затраты на инновационные циркулярные технологии, млн руб.	1,0	0,1	0,1	0,01	0,1
Доля затрат на внедрение циркулярных технологий, %	1,0	0,1	0,1	0,03	0,1
Затраты на внедрение экологических инноваций, млн руб.	0,1	1,0	0,7	0,1	0,04
5. Результативность внедрения технологий циркулярной экономики					
Уровень влияния технологий циркулярной экономики на соответствие производственного процесса действующим экологическим регламентам:					
1 – низкий уровень влияния	0,1	0,0	0,5	0,2	0,3
2 – средний уровень влияния	0,9	1,0	0,7	0,8	0,9
3 – высокий уровень влияния	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
4 – влияние отсутствует	0,3	0,4	0,0	0,2	0,1
6. Интенсивность циркулярной трансформации					
Предприятия, применяющие цифровые технологии для управления процессами внедрения технологий циркулярной экономики, %	0,1	0,01	0,6	0,2	0,3
Число предприятий, внедривших технологии циркулярной экономики	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9

Для определения общего интегрального показателя каждого выделенного кластера следует найти сумму интегральных показателей промежуточного уровня

$$I_{ko} = I_{ЭВ} + I_{ИЭИ} + I_{РТЦЭ} + I_{МЗЦЭ} + I_{РЦЭ} + I_{ИЦТ}, \quad (3)$$

где k – количество кластеров; $I_{ЭВ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Экологическая вовлеченность»; $I_{ИЭИ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Использование экологических инноваций»; $I_{РТЦЭ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Реализация технологий циркулярной экономики»; $I_{МЗЦЭ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Масштабность затрат на развитие циркулярной экономики»; $I_{РЦЭ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Результативность внедрения технологий циркулярной экономики»; $I_{ИЦТ}$ – значение интегрального показателя промежуточного уровня «Интенсивность циркулярной трансформации».

Интегральная оценка отражает совокупность достижений промышленных предприятий в развитии циркулярной экономики в той или иной отрасли.

Результаты интегральной оценки активности отраслей промышленности Арктической зоны РФ к внедрению технологий циркулярной экономики приведены в **табл. 3**.

Лидером экологической активности является кластер, представленный отраслью «Обрабатывающие производства». В то же время, с позиции емкости затрат на внедрение технологий

циркулярной экономики и результативности от использования экологических инноваций, он уступает отраслям, входящих в состав кластеров № 2 и № 3. Таким образом, отрасли «Обрабатывающие производства», «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» являются лучшими практиками для реализации концепции циркулярной экономики на территории российской Арктики.

Особого внимания требуют результаты, полученные в рамках функционирования отраслей кластеров № 4 и № 5. Показатели характеризуются большим разбросом внутри выделенных критериев, что требует выработки эффективных управленческих решений, направленных на регулирование деятельности промышленных предприятий, не только с позиции внешней среды, но и с позиции развития внутреннего потенциала, повышения экологической ответственности.

Полученные данные свидетельствуют о том, что приверженность промышленных предприятий развитию циркулярной экономики в выделенных кластерах проявляется в различных моделях экологического поведения. Следует выделить отрасли, которые являются потребителями результата внедрения экологических инноваций, а также отрасли, являющиеся разработчиками и производителями экологических инноваций. Оценка данного аспекта расширяет возможности межорганизационного и межотраслевого сотрудничества для развития циркулярной экономики – создания «зеленых» кластеров.

Таблица 3 / Table 3

Интегральная оценка активности отраслей промышленности Арктической зоны РФ к внедрению технологий циркулярной экономики

Integral assessment of the activity of industries in the Arctic zone of the Russian Federation to implement circular economy technologies

Компонент развития циркулярной экономики	Значение интегральной оценки				
	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5
Экологическая вовлеченность	1,0	0,7	0,1	0,2	0,1
Использование экологических инноваций	1,0	0,2	0,1	0,04	0,1
Реализация технологий циркулярной экономики	1,0	0,1	0,1	0,02	0,1
Масштабность затрат на развитие циркулярной экономики	0,5	0,3	0,2	0,04	0,1
Результативность внедрения технологий циркулярной экономики	0,4	0,7	0,7	0,4	0,4
Интенсивность циркулярной трансформации	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3
Общий интегральный показатель активности отрасли к внедрению технологий циркулярной экономики	3,9	2,0	1,3	0,7	0,7

Таблица 4 / Table 4

Результаты оценки экологической отдачи отраслей промышленности Арктической зоны

Results of the assessment of environmental returns of industries in the Arctic zone

Показатель	Значение интегрального показателя				
	Кластер № 1	Кластер № 2	Кластер № 3	Кластер № 4	Кластер № 5
Экологическая отдача	1,2	0,2	0,4	0,3	1,0

Для оценки интенсивности экологического поведения считаем целесообразным применить показатель экологической отдачи ($I_{Эок}$):

$$I_{Эок} = \frac{I_{РЦЭ}}{I_{ЭВ} + I_{ИЭИ} + I_{МЗЦЭ}}. \quad (4)$$

Показатель экологической отдачи характеризуется положительным значением.

Промышленное предприятие формирует спрос на технологии циркулярной экономики, если выполняется условие: $0 < I_{Эок} < 1$.

Промышленное предприятие формирует предложения на технологии циркулярной экономики, если выполняется условие: $I_{Эок} > 1$.

В случае если значение показателя $I_{Эок}$ близко к «1», то промышленные предприятия в равных пропорциях способствует как формированию спроса, так и предложения в области циркулярной экономики.

Полученные значения показателя $I_{Эок}$ в рамках выделенных кластеров отраслей промышленности Арктической зоны приведены в **табл. 4**.

Полученные значения свидетельствуют о том, что отрасли «Обрабатывающие производства» и «Водоснабжение; водоотведение, организация сбора и утилизации отходов, деятельность по ликвидации загрязнений» являются не только потребителями технологий циркулярной экономики, экологических инноваций, но и способствуют росту их предложения. Для территории Арктической зоны это является положительным фактором в повышении экологической активности в межотраслевом аспекте. В то же время, такие отрасли промышленности, как «Добыча полезных ископаемых», «Строительство» характеризуются невысоким уровнем экологической отдачи. Такие результаты свидетельствуют об отсутствии между отраслями промышленности в Арктической зоне эффективного сотрудничества и взаимодействия в вопросах развития циркулярной экономики. Большое количество хозяйствующих субъектов еще не готово к внедрению технологий циркулярной экономики в производственные бизнес-процессы. Позитивная тенденция отмечается в деятельности пятого кластера, включающего отрасли

«Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», который показывает положительную динамику в разработке и использовании экологических инноваций.

Заключение

Циркулярная экономика – это глобальная концепция, раскрывающая не только методологию возврата отходов в производственный процесс и процесс потребления, но и развитие циркулярности и ее показателей на всех уровнях экономики.

Для решения задач устойчивого развития экономики Арктической зоны России необходимо повышение уровня инновационной активности отраслей промышленности и внедрения технологий циркулярной экономики. Реализация эффективных мероприятий в области циркулярной экономики невозможна без учета отраслевого фактора и оценки готовности отраслей промышленности к циркулярной трансформации.

Предложенный методический подход к оценке экологической интенсивности промышленных предприятий к внедрению технологий циркулярной экономики дает возможность оценить отдельные аспекты экологического поведения отрасли, а также получить интегральную оценку с системным видением ключевых проблем в эколого-ориентированном развитии промышленности Арктической зоны для актуализации промышленной политики на основе концепции циркулярной экономики.

Пошаговый алгоритм оценки готовности отраслей промышленности к внедрению технологий циркулярной экономики включает четыре основных этапа:

- создание и обработка системы данных с набором аналитических показателей, характеризующих состояние отраслей промышленности с позиции развития экологических инноваций и концепции циркулярной экономики с последующим их нормированием;

- определение промежуточных интегральных оценок в рамках выделенных типов отраслевых кластеров;

– расчет общего интегрального показателя каждого выделенного кластера;

– определение показателя экологической отдачи.

Использование интегральных величин будет способствовать решению широкого круга научно-практических задач, в числе которых:

– оценка экологического потенциала промышленных предприятий;

– оценка уровня экологической активности отраслей экономики;

– систематизация и оценка проблематики процесса перехода на технологии циркулярной экономики с последующей оценкой его эффективности.

Список литературы / References

- Гребенкин А.В., Вегнер-Козлова Е.О. Теоретические и прикладные аспекты концепции циркулярной экономики. *Журнал экономической теории*. 2020;17(2):399–411. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2020.17-2.13>
Greibenkin A.V., Wegner-Kozlova E.O. Theoretical and applied aspects of the concept of circular economy. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii = Journal of Economic Theory*. 2020;17(2):399–411. (In Russ.). <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2020.17-2.13>
- Ратнер С.В., Назарова Л.Е. *Циркулярная модель экономического роста: опыт, возможности и барьеры*. М.: Инфра-М; 2023. 212 с.
- Korhonen J. Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*. 2018;143:37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Wiesmeth H. Systemic change: The complexity of business in a circular economy. *Foresight and STI Governance*. 2020;14(4):47–60. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2020.4.47.60>
- Franco M. Circular economy at the micro level: A dynamic view of incumbents' struggles and challenges in the textile industry. *Journal of Cleaner Production*. 2017;168:833–845. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.056>
- Коршунова Л.Н., Сидорова Е.Ю., Костюхин Ю.Ю. Факторы и ориентиры рециркуляционной экономики России и построение системы управления отходами. *Экономика промышленности*. 2022;15(3):276–286. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-3-276-286>
Korshunova L.N., Sidorova E.Yu., Kostukhin Yu.Yu. Factors and guidelines of recycling economics in Russia and building up the waste management system. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(3):276–286. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-3-276-286>
- Назарова Л.Е. Методологические проблемы межстранового анализа развития циркулярной экономики. *Экономический вестник ИПУ РАН*. 2021;(2):54–79. <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.2.6-nazarova>
Nazarova L.E. Methodological problems of inter-country analysis of circular economy development. *Ekonomicheskij vestnik IPU RAN = Economic Bulletin of ICS RAS*. 2021;(2):54–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.25728/econbull.2021.2.6-nazarova>
- Mazur-Wierzbička E. Towards circular economy – A comparative analysis of the countries of the European Union. *Resources*. 2021;10(5):49. <https://doi.org/10.3390/resources10050049>
- Ратнер С.В. Управление инновациями в области циркуляции пластика: опыт международной инициативы «New plastic economy». *Инновации*. 2020;(5):32–40. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2020.259.5.006>
Ratner S.V. Management of innovations in the field of plastic circulation: experience of the international initiative “New plastic economy”. *Innovatsii = Innovation*. 2020;(5):32–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2020.259.5.006>
- Крельберг А.Б. Перспективы перехода индустрии обращения с твердыми коммунальными отходами на экономику замкнутого цикла. *Экономика промышленности*. 2022;15(1):49–57. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-1-49-57>
Krelberg A.B. Prospects for the transition of the municipal solid waste management industry to a circular economy. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(1):49–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-1-49-57>
- Попова Е.В., Стрих Н.И. Практики экологического менеджмента в условиях становления циркулярной экономики в России и их влияние на финансовую результативность компаний. *Управленец*. 2021;12(2):17–34. <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2021-12-2-2>
Popova E.V., Strikh N.I. Environmental management practices for the circular economy development in Russia and their impact on the financial performance of companies. *Upravlenets = The Manager*. 2021;12(2):17–34. (In Russ.). <https://doi.org/10.29141/2218-5003-2021-12-2-2>
- Kosolapova N.A., Matveeva L.G., Kaplyuk E.V., Likhatskaia E.A. Circular economy in the resource supply for regional industrial development. *Terra Economicus*. 2022;20(3):116–132. <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2022-20-3-116-132>
- Nikitaeva A.Y., Bondarev M.G., Masych M.A., Dolgova O.I. The circular economy skills: regional dimension. *R-Economy*. 2024;10(1):21–40. <https://doi.org/10.15826/recon.2024.10.1.002>
- Kuizheva S.K., Matveeva L.G., Zarubin V.I., Ovsyan T.A., Kaplina A.V. Circular business para-

- digm in innovative solutions of industrial ecosystems of regions. *International Journal of Mechanical Engineering*. 2021;35(1):199–211. <https://doi.org/10.5377/nexo.v35i01.13931>
15. Волков А.Д., Каргинова-Губинова В.В., Тишков С.В. Экологические проблемы и особенности эколого-экономического развития Ненецкого автономного округа. *Арктика и Север*. 2023;(51):172–194. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.172>
Volkov A.D., Karginova-Gubinova V.V., Tishkov S.V. Ecological problems and peculiarities Arctic and North. 2023;(51):172–194. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2023.51.172>
 16. Спиридонов А.А., Фадеева М.Л., Толстых Т.О. Стратегический подход к внедрению инноваций в Арктике на примере технологии сжижения природного газа «Арктический каскад». *Экономика промышленности*. 2022;15(2):177–188. <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-177-188>
Spiridonov A.A., Fadeeva M.L., Tolstych T.O. Strategic approach to implementation of innovation in the Arctics on the example of “Arctic Cascade” natural gas liquefaction technology. *Russian Journal of Industrial Economics*. 2022;15(2):177–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2022-2-177-188>
 17. Тишков С.В., Егоров Н.Е., Волков А.Д., Ковров Г.С. Инновационный потенциал регионов Арктической зоны Российской Федерации: состояние и пространственная дифференциация. *Арктика и Север*. 2024;(55):24–39. <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.24>
 - Tishkov S.V., Egorov N.E., Volkov A.D., Kovrov G.S. Innovation potential of the regions of the Arctic zone of the Russian Federation: state and spatial differentiation. *Arctic and North*. 2024;(55):24–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.55.24>
 18. Gil-Lamata M., Latorre-Martínez M.P. The Circular Economy and Sustainability: a systematic Literature Review. *Management Letters/Cuadernos de Gestión*. 2022;22(1):129–142. <https://doi.org/10.5295/cdg.211492mg>
 19. Matveeva L.G., Kaplyuk E.V., Likhatskaia E.A., Nizov N.V. The circular economy model and the role of solvates in regional innovative development (the case of Russian regions). *R-Economy*. 2023;9(1):105–118. <https://doi.org/10.15826/recon.2023.9.1.007>
 20. Bacovis M., Borchardt M. Assessing the Influence of Circular Economy Practices in Companies that Orchestrate an Ecosystem of a Brazilian Industrial Cluster. In: Tavares Thomé A.M., Barbastefano R.G., Scavarda L.F., Gonçalves dos Reis J.C., Amorim M.P.C. (eds.). *Industrial Engineering and Operations Management. IJCIEOM 2021. Springer Proceed. in Mathematics & Statistics*. Springer, Cham; 2021. Vol 367. P. 13–31. http://doi.org/10.1007/978-3-030-78570-3_2
 21. Wang N., Guo J., Zhang X., Zhang J., Li Z., Meng F., Zhang B., Ren X. The circular economy transformation in industrial parks: Theoretical reframing of the resource and environment matrix. *Resources, Conservation and Recycling*. 2021;167:105251. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105251>

Информация об авторах

Татьяна Александровна Головина – д-р экон. наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и управления персоналом, Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС, 302028, Орел, ул. Октябрьская, д. 12, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9258-4100>; e-mail: golovina_t78@mail.ru

Ирина Леонидовна Авдеева – канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и управления персоналом, Среднерусский институт управления – филиал РАНХиГС, 302028, Орел, ул. Октябрьская, д. 12, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4357-7809>; e-mail: i-avdeeva-i@yandex.ru

Information about the authors

Tatyana A. Golovina – Dr.Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Management and Personnel Management, Central Russian Institute of Management (Branch of RANEP), 12 Oktyabrskaya Str., Oryol 302028, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9258-4100>; e-mail: golovina_t78@mail.ru

Irina L Avdeeva – PhD (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management and Personnel Management, Central Russian Institute of Management, Branch of RANEP, 12 Oktyabrskaya Str., Oryol 302028, Russian Federation; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4357-7809>; e-mail: i-avdeeva-i@yandex.ru

Поступила в редакцию 08.11.2024; поступила после доработки 05.12.2024; принята к публикации 09.12.2024
Received 08.11.2024; Revised 05.12.2024; Accepted 09.12.2024