

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

№ 3 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/vliyanie-zelenyh-innovaczij-i-zelenyh-peredovyh-proizvodstvennyh-tehnologij-na-sokrashhenii-obrazovaniya-othodov-v-dobyvayushhih-otraslyah-rf/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 37.01:504.02

DOI: 10.54861/27131211_2026_3_391



ВЛИЯНИЕ ЗЕЛЕННЫХ ИННОВАЦИЙ И ЗЕЛЕННЫХ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОКРАЩЕНИИ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В ДОБЫВАЮЩИХ ОТРАСЛЯХ РФ

Зотов М.А., соискатель, Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия.

420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3410-5551>

e-mail: knitu.zotovmaksim@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является анализ взаимосвязи между внедрением зеленых инноваций и зеленых передовых производственных технологий на динамику образования отходов в добывающих отраслях промышленности. На основе официальных статистических данных за 2016-2023 годы выявлена устойчивая связь между уровнем инновационной активности предприятий и объемами образующихся отходов. Установлено, что в отраслях с высокой инновационной активностью (добыча нефти и газа) достигаются стабильные показатели утилизации, тогда как в секторах с низкой инновационной активностью (добыча угля) наблюдается прогрессирующее накопление отходов при снижении эффективности их переработки. Доказано, что наибольшая эффективность достигается при комплексном внедрении зеленых технологий и инноваций при участии 30-50% отраслевых предприятий. Зеленые технологии представляют собой технологии, которые направлены на снижение негативного воздействия на окружающую среду в процессе осуществления производственной деятельности. Однако, зеленые передовые производственные технологии и зеленые инновации объединяет общее направление их развития. Оно основано на принципах инженерной экологии, которая задает направление развития, формирует экологические рамки для технологических решений в разных отраслях. На основе полученных результатов разработаны управленческие подходы, включающие интеграцию экологических целей в корпоративные стратегии, внедрение систем экологического менеджмента, формирование отраслевых партнерств и разработку политики устойчивого развития. Реализация предложенных мер позволит достичь синергетического эффекта между экономической эффективностью и экологической безопасностью.

Ключевые слова: зеленые инновации, передовые производственные технологии, добывающие отрасли, отходы.



Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Зотов М.А. Влияние зеленых инноваций и зеленых передовых производственных технологий на сокращении образования отходов в добывающих отраслях РФ // Прогрессивная экономика. 2026. № 3. С. 391–409. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_3_391.

Статья поступила в редакцию: 22.02.2026 г. Одобрена после рецензирования: 30.03.2026 г. Принята к публикации: 30.03.2026 г.

THE INFLUENCE OF GREEN INNOVATIONS AND GREEN ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES ON REDUCING WASTE GENERATION IN THE EXTRACTIVE INDUSTRIES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Zotov M.A., Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

420015, Kazan, K. Marksa St., 68

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3410-5551>

e-mail: knitu.zotovmaksim@gmail.com

Abstract. The purpose of the study is to analyze the relationship between the implementation of green innovations and green advanced manufacturing technologies on the dynamics of waste generation in the extractive industries. Based on official statistical data for 2016–2023, a stable relationship has been identified between the level of innovative activity of enterprises and the volume of waste generated. It has been established that in industries with high innovative activity (oil and gas extraction), stable waste disposal rates are achieved, whereas in sectors with low innovative activity (coal mining), progressive waste accumulation is observed alongside a decline in waste processing efficiency. It has been proven that the greatest efficiency is achieved through the comprehensive implementation of green technologies and innovations with the participation of 30–50% of industry enterprises. Green technologies are technologies aimed at reducing negative environmental impact in the course of production activities. However, green advanced manufacturing technologies and green innovations are united by a common direction of development. This direction is based on the principles of engineering ecology, which sets the development trajectory and establishes the environmental framework for technological solutions across different industries. Based on the results obtained, management approaches have been developed, including the integration of environmental goals into corporate strategies, the implementation of environmental management systems, the formation of industry partnerships, and the development of sustainable development policies. The implementation of the proposed measures will make it possible to achieve a synergistic effect between economic efficiency and environmental safety.

Keywords: green innovations, advanced manufacturing technologies, extractive industries, waste.

JEL classification: O38, D2, L11.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

For citation: Zotov M.A. (2026). Vliyanie zelenykh innovatsiy i zelenykh peredovykh proizvodstvennykh tekhnologiy na sokrashchenii obrazovaniya otkhodov v dobyvayushchikh otraslyakh RF [The influence of green innovations and green advanced manufacturing technologies on reducing waste generation in the extractive industries of the Russian Federation]. *Progressivnaya ekonomika* [Progressive Economy], 3, 391–409. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_3_391. (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 22/02/2026. Approved after review: 30/03/2026. Accepted for publication: 30/03/2026.

Введение

В настоящее время актуальными остаются вопросы не только сокращения количества выбросов и образования отходов в процессе осуществления производственной деятельности, но и создание с дальнейшей диффузией в смежные отрасли новых технологических решений [1; 2], которые позволили бы увеличить глубину переработки и создавать новые продукты с высокой добавленной стоимостью. Поэтому в различных отраслях промышленности наблюдаются процессы экологизации, как в процессе производства, так и в процессе использования готовых, товаров, работ, услуг [3]. Это свидетельствует о том, что на данный момент до конца не раскрыт потенциал использования отходов, которые выбрасываются в атмосферу, водные ресурсы и почву [4]. Как известно природные ресурсы обладают ограниченностью, особенно в области добычи полезных ископаемых [5]. Поэтому очень важным является создание инновационных решений для решения данной проблемы и повышения результативности, как производственной деятельности, так и работ в области защиты окружающей среды [6]. Это, по мнению авторов, приведет к интенсификации естественного воспроизводства процессов живой природы. Однако, чаще всего в отечественной и зарубежной практике рассматриваются именно зеленые инновации и неоправданно мало внимания уделяется передовым производственным технологиям, которые создаются на их основе [7]. Актуальными остаются вопросы их совместного использования, анализа влияния друг на друга в процессе воспроизводства инноваций для достижения экономической безопасности, технологического суверенитета, с одновременным достижением целей устойчивого развития [8].

Зеленые передовые производственные технологии и зеленые инновации дают возможность технико-экономическим системам избежать ресурсного дефицита в долгосрочной перспективе, снизить негативное воздействие на окружающую среду от хозяйственной деятельности. В отечественной и зарубежной практике посвящено много работ зеленым инновациям, однако мало остаются исследованы зеленые передовые производственные технологии

и их взаимосвязь с инновациями [9; 10]. Многие ученые исследуют технологическое оборудование для снижения отходов [11]. Другие анализируют системы управления экологическими инновациями [12; 13]. В работе мы будем использовать официальные данные, которые предприятия ежегодно предоставляют в Федеральную службу государственной статистики в области инновационной активности предприятий, а также разработке и использованию передовых производственных технологий, направленные на решение экологических проблем по целям внедрения.

Таким образом, цель исследования – проанализировать и выявить взаимосвязь между инновационной активностью предприятий в процессе внедрения зеленых инноваций и зеленых передовых технологий, а также предложить направления по совершенствованию политики добывающих компаний для достижения целей устойчивого развития.

Материалы и методы

В исследовании использованы данные официальной статистики Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации за период 2016-2023 годов. Основу эмпирической базы составили: форма № 4 - инновация «Сведения об инновационной деятельности организации», форма № 1 – технология «Сведения о разработке и использовании передовых производственных технологий», данные статистического наблюдения в области охраны окружающей среды. Для обработки данных применялись методы сравнительного анализа и корреляционного анализа. Отраслевой анализ проводился с использованием методов группировки и классификации, что позволило выявить отраслевую специфику взаимосвязи между инновационной активностью и образованием отходов.

Результаты и обсуждение

Можно утверждать, что применение зеленых технологий часто носит пост событийный характер. Их внедрение позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, однако, для достижения экологической и ресурсной эффективности необходим комплексный подход [14], который включал бы в себя разработку и использование зеленых инноваций, зеленых технологий на всех этапах жизненного цикла [15]. Таким образом, возможно реализовать принцип предотвращения загрязнений на различных этапах, начиная с проектирования и разработки промышленных объектов, заканчивая рекультивационными процессами [16]. Это особенно актуально для предприятий из добывающих отраслей. Рассматриваемые отрасли оказывают существенное влияние на следующих этапах. На рисунке 1 представлены основные этапы, на которых оказывается негативное воздействие на окружающую среду.

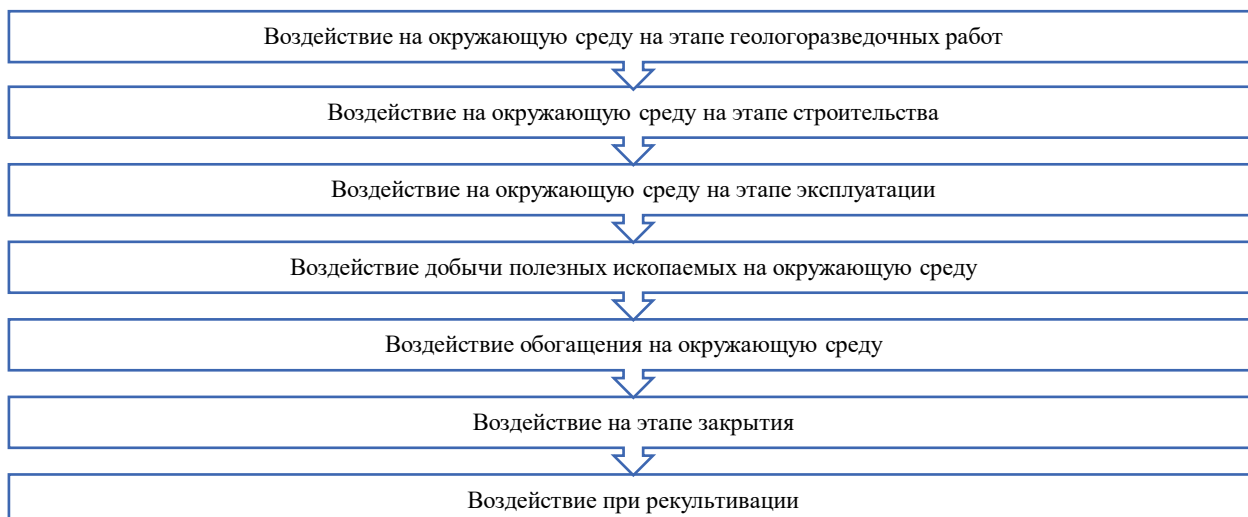


Рис. 1. Основные этапы жизненного цикла добывающего предприятия, на которых образуются отходы

Источник: составлено автором по данным [21]

Fig. 1. Main stages of the life cycle of an extractive enterprise at which waste is generated

Source: compiled by the author based on [21]

К основным негативным факторам, которые наносят вред окружающей среде целесообразно отнести: выбросы твердых и газообразных веществ в атмосферу, в водные источники, почву, размещение и переработка отходов, шум и вибрация в процессе эксплуатации техники на всех этапах. На рисунке представлено количество отходов и производства по исследуемым отраслям. К основным отходам относятся вскрышные породы, буровые шламы, хвосты обогащения, пыль, отвалы и т.д. [17]. Они представляют собой серьезную экологическую опасность как для региона, в котором происходит добыча полезных ископаемых, так и для экологии в целом [18].

Рисунки наглядно показывают, что основным источником эмиссии отходов производства и потребления выступает добыча и использование угля. За исследуемый период объем образования отходов вырос в абсолютных значениях на 2641 млн. тонн (или более чем на 78%). Это свидетельствует о сокращении мероприятий в области защиты и охраны окружающей среды. Основными факторами образования отходов, как показывают отраслевые отчеты, является:

- отходы недропользования (30-130 кг/т);
- отходы водоснабжения и водоочистки (20-202 г/т);
- зола и шлак (65-2400 г/т);
- металлолом (0,4-44 г/т);
- резины и пластмассы (1,1-5300 г/т);
- отходы масел нефтепродуктов (0,1-2,8 г/т).

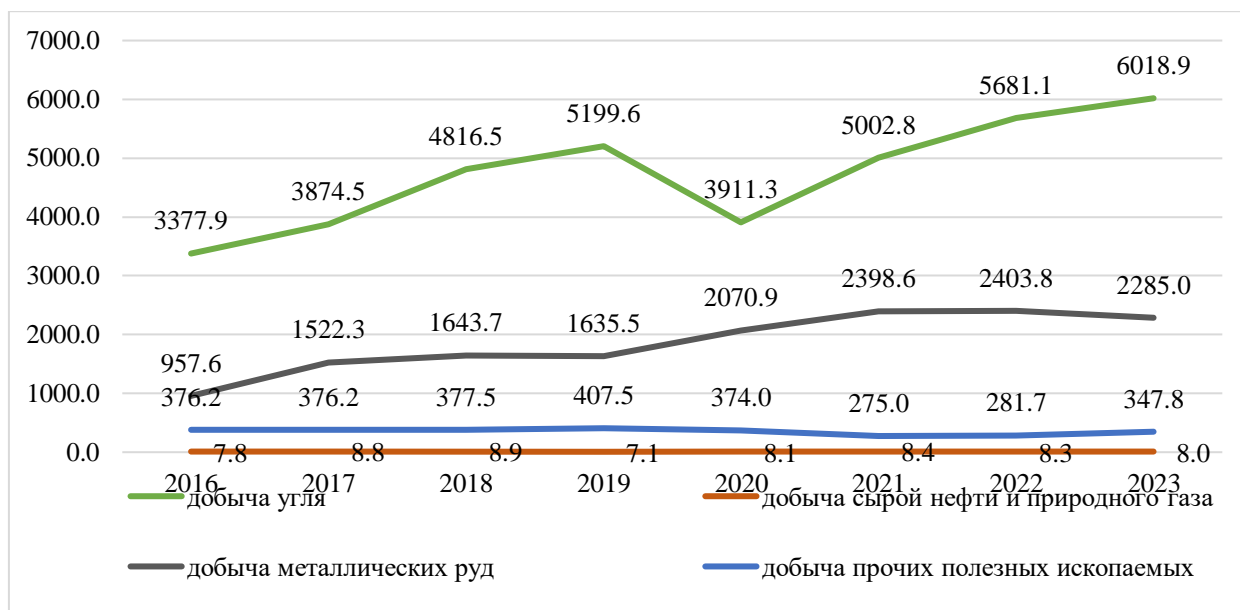


Рис. 2. Количество отходов при добыче и потреблении основных минеральных ископаемых в РФ.

Источник: составлено автором по данным [19]

Fig. 2. Amount of waste generated during the extraction and consumption of major minerals in the Russian Federation.

Source: compiled by the author based on [19]

Данные отходы или утилизируются другими предприятиями, либо утилизируются и перезабываются самостоятельно. Однако, это явно недостаточно, необходима разработка комплексных мер по снижению образования отходов производства, как в процессе добычи, так и в процессе использования ископаемого угля. Ниже будут рассмотрены статистические данные и направления внедрения зеленых инноваций, передовых производственных технологий для обеспечения экологической безопасности.

На втором месте в отрасли по добыче полезных ископаемых по образованию отходов находится добыча металлических руд. Так, динамика за последние годы показывает, что объем образования отходов значительно увеличился и в 2023 году составил уже 2286 млн. тонн, что превышает значение показателей в 2016 года на 238%. Следует отметить, что направления образования отходов при добыче металлических руд очень схожи с добычей угля, однако имеют свои особенности. Они подразделяются на горнопромышленные (образуются в процессе добычи) и металлургические, возникающие в процессе переработки. К ним относятся:

- отвалы бедных руд, связаны с низким содержанием металлов в породе и не имеют экономической целесообразности для их переработки, что приводит к загрязнению почвы и водных источников;
- вскрышные породы, связаны с удалением верхних слоев почвы, при этом образуется сотни миллионов тонн вскрышки, которые не используются и

могут содержать вредные вещества, такие как тяжелые металлы, сульфиды и кислотные стоки, радиоактивные элементы;

– дренажные воды, также могут содержать тяжелые металлы и приводят к загрязнению как грунтовых, так и поверхностных вод, это способствует гибели биоценозов;

– образование буровых шламов, возникает в процессе осуществления буровой деятельности, т. к. в данном процессе используется буровая техника, работающая на светлые нефтепродукты, происходит их выброс и загрязнение почвы, в том числе различными реагентами [20].

Дополнительно стоит отметить, что образование шлаков и шлама происходит на этапах обогащения руд и при металлургической обработке металлов. При этом, как показывает отечественная практика не более 30% отходов металлургии используются повторно, что делает данную отрасль одну из наиболее наносящих вред окружающей среде. Это требует разработки комплекса технических и административных мер для снижения образования отходов в будущем и сохранения биоразнообразия.

На третьем месте по образованию отходов в добывающих отраслях находится добыча нефти и газа. Основными источниками образования включают в себя:

– буровые шламы, которые образуются в процессе бурения и вызывают попадание нефтепродуктов, металлов в разные слои земли, что вызывает загрязнение почвы и водных ресурсов;

– отработанные буровые растворы, которые обладают высокой токсичностью и низким показателем их вторичной переработки;

– пластовые и сточные включают себя флюиды, которые необходимы для извлечения нефти, включают в себя тяжелые металлы и радиоактивные вещества, которые вызывают загрязнение водоемов;

– аварийные ситуации, которые возникают на объектах добычи, транспортировки и производства продуктов нефтехимии, приводят к выбросу нефти и нефтепродуктов в почву, водные источники, наносят вред в процессе испарения и горения;

– попутный газ, как показывает практика, не все компании обладают эффективными инновационными технологиями в области их использования, особенно в труднодоступных регионах, это приводит к его сжиганию и загрязнению атмосферного воздуха различными опасными соединениями [21].

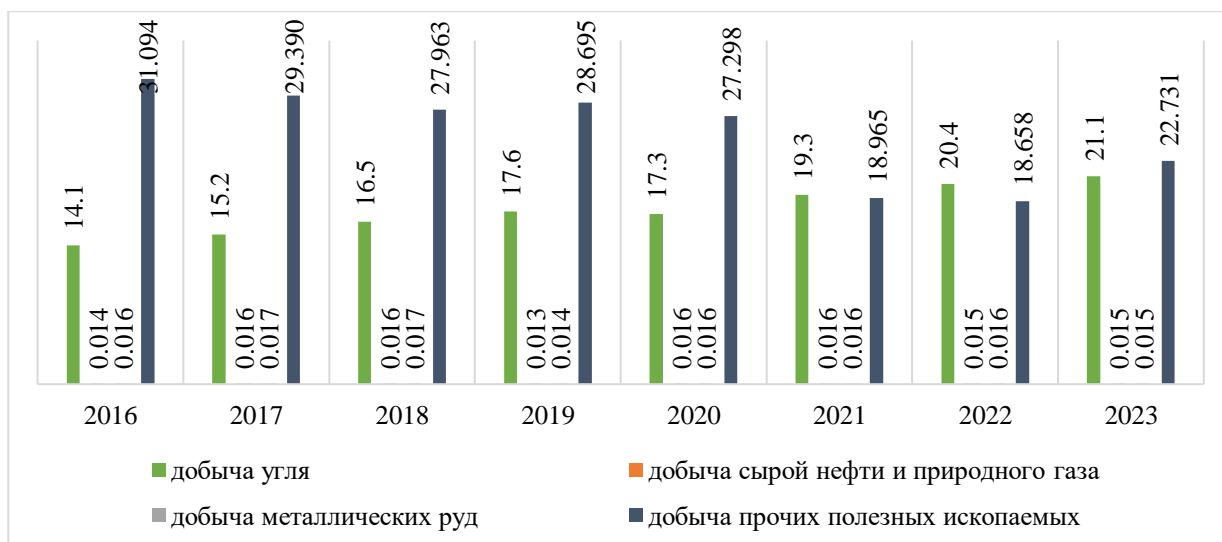


Рис. 3. Количество отходов на тонну добытого сырья. Составлено автором на основе данных

Источник: составлено автором по данным [19]

Fig. 3. Amount of waste per ton of extracted raw materials. Compiled by the author based on data

Source: compiled by the author based on [19]

За исследуемый период наблюдается положительная тенденция. Однако в 2023 году как показывают статистические данные, происходит резкий рост образования отходов. Это связано с увеличением количества скважин, переход на трудноизвлекаемые запасы, увеличение добычи в Арктической зоне, а также с уходом зарубежных компаний, которые поставляли оборудование и технологии по очистке и рециклингу отходов. Поэтому актуальным сейчас является разработка и внедрение эффективных российских технологий в данной сфере. Это может занять значительное количество времени, однако позволит в долгосрочной перспективе повысить уровень технологического суверенитета, а самое главное снизить негативное воздействие на окружающую среду [22].

Меньше все количества вредных отходов производства и добычи зафиксированы в других добывающих отраслях, за исследуемый период объем образования отходов вырос с 12,1 млн. тонн в 2016 году до 15,3 млн. тонн в 2023 году. К основным отходам относятся:

- вскрышные породы, могут содержать токсичные вещества;
- отходы обогащения, загрязнение водных источников сульфатами и хлоридами, а также образование пыли, которая содержит и переносит опасные вещества, для каждой отрасли они отличаются;
- дренажные воды, могут включать в себя кислые воды и приводить к засолению водоемов.

Таким образом, в процессе добычи и потребления полезных ископаемых основные источники образования отходов были приведены выше. Решение данных проблем по сокращению образования отходов должно носить

комплексный и системный характер. Для этого мы изначально предлагаем проанализировать не только общий объем образования отходов в добывающих отраслях, но и объем образования на тонну продукции. Дополнительно рассмотреть долю предприятий и направления по сокращению образования отходов, статистику внедрения и использования зеленых инноваций, зеленых передовых технологий за исследуемый период. На рисунке 3 представлена динамика образования отходов производства и потребления для выбранных отраслей. Как видим, наибольшее образование отходов на тонну наблюдается в процессе добычи прочих полезных ископаемых. В 2016 году на одну тонну добытых полезных ископаемых приходилось образование более 31 тонны отходов, во-первых, это связано со спецификой добычи, во-вторых, с отсутствием современных технологий в области добычи, которые бы включали в себя зеленые технологии и инновации. Но как показывает динамика, то это единственная из рассматриваемых отраслей, которая ежегодно снижает объем образования отходов (в 2016 году 31,094, до 22,731 в 2023 году). На наш взгляд, целесообразно рассмотреть основные факторы, которые позволили существенно снизить объем образования отходов на тонну добытых полезных ископаемых, к ним относятся следующие:

- внедрение современных передовых производственных технологий в области обогащения нерудных материалов на основе сухих методов, а также повышении переработки и использования вскрышных пород;
- государственные органы власти совместно с отраслевыми организациями разработали новые методики классификации отходов, таким образом появилась категория «рециркулируемые отходы производства»;
- отраслевые особенности включают уход с рынка небольших добывающих предприятия, в связи с нехваткой финансирования природоохранных мероприятий, их долю заняли крупные производители, которые имеют более высокий инновационно-технологический потенциал.

Наибольшее увеличение количества отходов наблюдается в области добычи угля. С 2014 года наблюдается ежегодная негативная тенденция, общий рост образования отходов с 14,1 на тонну до 22,731 или на 58%. Основными факторами увеличения объема образования отходов являются: увеличение количество добычи угля открытым способом (в 2016 году менее 60% приходилось на открытую добычу, на данный момент около 80%); разработка новых месторождений с низким качеством угля; низкий уровень переработки, использования, рекультивации (отсутствие современных технологий в области защиты от образования и выбросов пыли). При этом на данный момент наблюдается снижение количества экспорта из-за низких мировых цен, перехода многих стран на альтернативные источники генерации электроэнергии. В долгосрочной перспективе не получится полностью отказаться от использования, однако для будущих поколений и сохранения биоразнообразия необходимо разрабатывать и внедрять зеленые технологии в области добычи и обогащения угля.

В отраслях по добыче нефти, газа и металлических руд наблюдаются незначительные колебания, но в целом уровень почти не изменяется от объемов добычи. С одной стороны, это положительный фактор, с другой стороны нет ежегодного прогресса, хотя в развитых странах мира наблюдается тенденция по снижению количества образования отходов на тонну добытого сырья. В связи с этим, целесообразно рассмотреть статистику по внедрению зеленых инноваций и зеленых передовых производственных технологий по отраслям.

Таблица 1

Количество предприятий, которые повышают экологическую безопасность путем внедрения зеленых инноваций в процессе добычи и использования полезных ископаемых

Table 1

Number of enterprises that improve environmental safety through the implementation of green innovations in the process of extraction and use of mineral resources

	Повышение экологической безопасности в процессе производства товаров, работ, услуг	Повышение экологической безопасности в результате использования товаров, работ, услуг
	Осуществление вторичной переработки (рециркуляции) отходов производства, воды или материалов	Улучшение возможностей вторичной переработки (рециркуляции) товаров после использования
2017		
Добыча угля	0	0
Добыча нефти и газа	6	1
Добыча металлических руд	5	2
Добыча прочих полезных	1	1
2019		
Добыча угля	1	1
Добыча нефти и газа	12	12
Добыча металлических руд	2	1
Добыча прочих полезных	2	2
2021		
Добыча угля	0	0
Добыча нефти и газа	7	4
Добыча металлических руд	0	
Добыча прочих полезных	10	8
2023		
Добыча угля	0	0
Добыча нефти и газа	2	0
Добыча металлических руд	5	1
Добыча прочих полезных	2	2

Источник: составлено автором по данным [23]

Source: compiled by the author based on [23]

В таблице представлены данные по количеству предприятий, которые внедряют зеленые инновации в процессе добычи и использования полезных

ископаемых. Данная статистика предоставляется организациями раз в два года в органы по учету инновационной деятельности. Как видим, постоянный рост отходов производства в угольной отрасли связан, как и с причинами, которые были описаны выше, но и отсутствием инновационной деятельности в области разработки и внедрения инноваций, целью которых является сокращение количества отходов производства [24; 25]. Как показывают данные, компании не внедряют современные технологии и оборудование для рециркуляции отходов в процессе добычи угля. За исследуемый период, только одна компания в 2019 году внедрила зеленые инновации, и это способствовало сокращению количества отходов на тонну добытой продукции на 0,3 тонны. Таким образом, можно утверждать, что угольная отрасль имеет большой объем отходов при почти отсутствии их переработки. Поэтому целесообразно осуществлять поиск наиболее эффективных и инновационных технологических решений, как на отечественном, так и на зарубежных рынках. Это будет способствовать не только сокращению количества отходов, но и будет давать дополнительно экономический эффект, который может использоваться для тиражирования инноваций и повышения инновационной активности в угольной отрасли.

В отрасли по добыче металлических руд наблюдаются прямая зависимость количества предприятий, которые внедряют инновационные решения, направленные на сокращение отходов и количества образующихся отходов. В 2017 году пять металлургических компаний внедрили экологические инновации и уже в 2019 году добились существенного снижения количества отходов во всех отрасли. Снижение составило около 20%. В свою очередь, в следующий период всего 2 компании продолжили инновационную деятельность в области зеленой экономики, результатом стало повышение объем образования отходов на 15%. Таким образом, мы можем утверждать, что именно инновации позволяют добиваться экологических целей. Необходимо стимулировать компании для непрерывного совершенствования и разработки, внедрения новых технологий.

В отрасли по добычи нефти и газа образуется меньше всего отходов, это связано с высокой инновационной активностью предприятий [26]. Стабильно низкие объемы отходов, которые напрямую связаны и зелеными инновациями. В 2019 году наибольшее количество предприятий внедрили новые технологические решения, которые позволили снизить объем образования отходов. Однако, стоит отметить, что нет четко выраженной тенденции к сокращению, изменения носят циклический характер. Компаниям необходимо интегрировать зеленые ценности в долгосрочную стратегию развития и оставаться инновационно активными на всех этапах жизненного цикла.

Добыча прочих полезных ископаемых подтверждает нашу гипотезу. Максимальное снижение количества отходов производства было зарегистрировано в 2021 году, когда более 10 компаний внедрили

экологические инновации, снижение составило 34%. Как видим, применение инновационных технологий по рециклингу отходов быстро позволяет достичь экологического эффекта.

Во всех отраслях по добыче полезных ископаемых (кроме угля) наблюдается четкая обратная корреляция между количеством предприятий, внедряющих зеленые инновации, и объемами образуемых отходов. Наибольшая эффективность достигается при участии 30–50% отраслевых компаний. Дополнительно необходимо рассмотреть динамику использования зеленых передовых производственных технологий. Зеленые передовые производственные технологии – это инновационные подходы и процессы в производстве, направленные на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, повышение энергоэффективности и ресурсосбережение. Они включают в себя как новые методы производства, так и использование экологически чистых материалов и технологий [27].

Таблица 2

Количество, используемых зеленых передовых производственных технологий по отраслям

Table 2

Number of green advanced manufacturing technologies used by industry

Число используемых передовых производственных технологий, единиц	
2020	
Добыча угля	31
Добыча сырой нефти и природного газа	49
Добыча металлических руд	72
Добыча прочих полезных ископаемых	8
2021	
Добыча угля	34
Добыча сырой нефти и природного газа	86
Добыча металлических руд	67
Добыча прочих полезных ископаемых	10
2022	
Добыча угля	34
Добыча сырой нефти и природного газа	102
Добыча металлических руд	66
Добыча прочих полезных ископаемых	10
2023	
Добыча угля	33
Добыча сырой нефти и природного газа	133
Добыча металлических руд	76
Добыча прочих полезных ископаемых	7

Источник: составлено автором по данным [23]

Source: compiled by the author based on [23]

Данные таблицы 2 подтверждают наши выводы, о том, что внедрение зеленых инноваций и зеленых передовых технологий оказывают значительное воздействие на сокращение количества образования отходов в процессе



добычи полезных ископаемых. В периоды активного внедрения инноваций и передовых производственных технологий наблюдается значительный рост эффективности природоохранной деятельности. Количество зеленых передовых технологий существенно превосходит количество зеленых инноваций, т. к. технологии – это уже функционирующие экологичные решения, которые предприятия используют от одного до шести лет, а зеленые инновации – это прорывные идеи, которые в дальнейшем позволят создавать новые технологии [28]. В рамках устойчивого развития технологии и инновации, как показал анализ, позволяют существенно снизить отходы производства. Тем самым способствуют сокращению нанесения вреда экологии, а также повышают эффективность самой хозяйственной деятельности.

Заключение

На основании проведенного анализа сформулированы ключевые управленческие подходы, необходимые для эффективной экологизации добывающих отраслей. Главное значение приобретает интеграция экологических целей в корпоративные стратегии развития, а также взаимодействие с государством, что предполагает осуществление стратегического планирования технологической трансформации с установлением конкретных целевых показателей по снижению удельного образования отходов [29]. Дальнейшее развитие требует внедрения комплексных систем экологического менеджмента, охватывающих все стадии жизненного цикла продукции через экологический аудит, мониторинг показателей и регулярную отчетность. Особое внимание следует уделить управлению инновационной деятельностью путем создания специализированных структурных подразделений и целевого финансирования, направленных на преодоление технологического отставания [30].

Перспективным направлением является формирование отраслевых партнерств через создание консорциумов для совместной разработки зеленых технологий, что особенно актуально для решения проблем добывающего сектора. Завершающим элементом должна стать разработка комплексной политики устойчивого развития, интегрирующей экологическую составляющую в корпоративную культуру и систему принятия управленческих решений. Реализация данных подходов позволит системно трансформировать производственные процессы и достичь синергетического эффекта между экономической эффективностью и экологической безопасностью, обеспечивая переход к модели циркулярной экономики в добывающих отраслях.

Литература

1. Поникарова А.С., Морозов А.В., Таишев Ф.Р., Гилязутдинова И.В. Формирование модели управления инновационным развитием на основе анализа и планирования стратегических возможностей организации // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 336–339.
2. Zotov M. Innovations shaping a greener future: The role of industry in environmental change // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 583. P. 08003.
3. Мингалева Ж.А., Старков Ю.В. Роль экологических инноваций в области композиционных материалов в "зеленой" модернизации промышленных предприятий // Финансовый журнал. 2021. Т. 13. № 5. С. 79–92. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-79-92>.
4. Полякова Т.Н., Строганова М.Р. Образование отходов производства в России: экономические аспекты // Управление техносферой. 2024. Т. 7. № 3. С. 464–481. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2024.40.65.008>.
5. Ильина Е.А. Экономика замкнутого цикла как инструмент внедрения рационального ресурсопотребления // Проектное управление в строительстве. 2024. № 1 (30). С. 73–83.
6. Zotov M. Organizational and economic mechanism for the implementation of sustainable innovations // E3S Web of Conferences: II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable Development (ETESD-II 2023), Tashkent, 13–15 сентября 2023 года. Vol. 443. Tashkent: EDP Sciences, 2023. P. 04002.
7. Казанцева А.Н. Эко-инновации как инструмент перехода к устойчивому развитию // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2015. № 4(94). С. 86–90.
8. Шаймиева Э.Ш. Разработка и внедрение экологических продуктовых и процессных инноваций как составляющих технологической конкурентоспособности экономики региона // Актуальные проблемы экономики и права. 2011. № 1. С. 151–157.
9. Kusi-Sarpong S., Gupta H., Sarkis J. A supply chain sustainability innovation framework and evaluation methodology // International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57(7). P. 1990–2008. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1518607>.
10. Díaz-García C., González-Moreno Á., Sáez-Martínez F.J. Eco-innovation: Insights from a literature review // Innovation: Management, Policy and Practice. 2025. Vol. 17(1). P. 6–23. <https://doi.org/10.1080/14479338.2015.1011060>.
11. Кудрявский Ю.П., Черный С.А. Эколого-экономический критерий эффективности технологий переработки производственных отходов в цветной металлургии // Цветные металлы. 2008. № 4. С. 8–11.
12. Брутян М. Эко-инновации и их роль в современном обществе // Самоуправление. 2012. № 3. С. 35–36.

13. Поникарова А.С., Бардасова Э.В., Тагирова Г.Ф., Поникарова И.Н. Внедрение автоматизированных информационных систем управления как условие достижения устойчивого инновационного развития // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 2. С. 172–177.
14. Логинова Т.В. "Зеленые" технологии – основа оздоровления экологии // Инновации. 2019. № 9 (251). С. 29–32. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.251.9.005>.
15. Малышева Т.В., Шинкевич А.И. Организация "зеленых" нефтехимических производств. Курск : Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2022. 134 с.
16. Экологические аспекты утилизации отходов черной металлургии / О. В. Захарова, С. П. Чеботарева, А. А. Гусев [и др.]. Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. 84 с.
17. Полякова Т.Н., Строганова М.Р. Образование отходов производства в России: экономические аспекты // Управление техносферой. 2024. Т. 7. № 3. С. 464–481. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2024.40.65.008>.
18. Поникарова А.С. Оценка эффективности систем управления инновационными промышленными рисками предприятия // Вестник Казанского технологического университета. 2009. № 5. С. 248-255.
19. Федеральная служба государственной статистики, раздел отходы производства и потребления. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science/> (дата обращения 20.09.2025)
20. Кузора И.Е., Симонова Е.В. Классификация нефтесодержащих отходов и подбор методов их переработки // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2023. № 17. С. 70–76.
21. Тагаева Т.О., Гильмундинов В. М., Казанцева Л. К. Оценка нагрузки добывающих отраслей на окружающую природную среду // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 3. № 1. С. 249–256. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2019-3-1-249-256>.
22. Salina A., Salin A. Bioindication of the metal-containing wastewater treatment process // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07–11 сентября 2020 года. Sevastopol, 2020. P. 02010.
23. Федеральная служба государственной статистики, раздел инновации. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/4-inn_2023.rar (дата обращения 20.09.2025)
24. Zotov M. Innovations shaping a greener future: The role of industry in environmental change // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 583. P. 08003.
25. Zotov M. Innovation to ensure sustainable development in the coal industry // E3S Web of Conferences, Termez, Uzbekistan, 29–30 апреля 2024 года. Les Ulis Cedex A: EDP Sciences, 2024. P. 4021.
26. Пугин К.Г., Ходяшев М.Б. Анализ экологических рисков при размещении твердых отходов металлургии на полигонах с

противофильтрационным экраном из нефтесодержащих отходов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 7. С. 44–48.

27. Абдрахимова Е.С. Использование отходов нефтехими, цветной металлургии и отходов топливно-энергетического комплекса в производстве жаростойких бетонов // Экологические системы и приборы. 2018. № 4. С. 32–40.

28. Зотов М.А. Новые подходы к определению устойчивых инноваций // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13. № 4. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119828>.

29. Сычева И.В., Котенева М.В., Шульженко Н.А., Тихобаев В.М. О необходимости государственной поддержки развития инфраструктуры переработки отходов черной металлургии в тульском регионе // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2019. № 1. С. 335–344.

30. Зотов М.А. Компоненты и типология устойчивых инноваций // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 4. С. 2397–2410. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.120065>.

References

1. Ponikarova A.S., Morozov A.V., Taishev F.R., Gilyazutdinova I.V. (2013). Formirovanie modeli upravleniya innovatsionnym razvitiem na osnove analiza i planirovaniya strategicheskikh vozmozhnostei organizatsii [Formation of an innovation development management model based on analysis and planning of strategic capabilities]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University], 16(18), 336–339. (In Russ.)

2. Zotov M. (2024). Innovations shaping a greener future: The role of industry in environmental change. E3S Web of Conferences, 583, 08003. (In Eng.)

3. Mingaleva Zh.A., Starkov Yu.V. (2021). Rol ekologicheskikh innovatsii v oblasti kompozitsionnykh materialov v «zelenoi» modernizatsii promyshlennykh predpriyatii [The role of eco-innovations in composite materials in green modernization of industry]. Finansovyi zhurnal [Financial Journal], 13(5), 79–92. <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2021-5-79-92>. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Polyakova T.N., Stroganova M.R. (2024). Obrazovanie otkhodov proizvodstva v Rossii: ekonomicheskie aspekty [Waste generation in Russia: economic aspects]. Upravlenie tekhnosferoi [Technosphere Management], 7(3), 464–481. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2024.40.65.008>. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Ilina E.A. (2024). Ekonomika zamknutogo tsikla kak instrument vnedreniya ratsionalnogo resursopotrebleniya [Circular economy as a tool for rational resource use]. Proektnoe upravlenie v stroitelstve [Project Management in Construction], 1(30), 73–83. (In Russ.)

6. Zotov M. (2023). Organizational and economic mechanism for the implementation of sustainable innovations. E3S Web of Conferences, 443, 04002. (In Eng.)
7. Kazantseva A.N. (2015). Eko-innovatsii kak instrument perekhoda k ustoichivomu razvitiyu [Eco-innovations as a tool for transition to sustainable development]. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta [Proceedings of Saint Petersburg State University of Economics], 4(94), 86–90. (In Russ.)
8. Shaimieva E.Sh. (2011). Razrabotka i vnedrenie ekologicheskikh produktovykh i protsessnykh innovatsii kak sostavlyayushchikh tekhnologicheskoi konkurentosposobnosti ekonomiki regiona [Development and implementation of eco-innovations as part of regional technological competitiveness]. Aktualnye problemy ekonomiki i prava [Actual Problems of Economics and Law], 1, 151–157. (In Russ.)
9. Kusi-Sarpong S., Gupta H., Sarkis J. (2019). A supply chain sustainability innovation framework and evaluation methodology. International Journal of Production Research, 57(7), 1990–2008. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1518607>. (In Eng.)
10. Díaz-García C., González-Moreno Á., Sáez-Martínez F.J. (2015). Eco-innovation: Insights from a literature review. Innovation: Management, Policy and Practice, 17(1), 6–23. <https://doi.org/10.1080/14479338.2015.1011060>. (In Eng.)
11. Kudryavskii Yu.P., Chernyi S.A. (2008). Ekologo-ekonomicheskii kriterii effektivnosti tekhnologii pererabotki proizvodstvennykh otkhodov v tsvetnoi metallurgii [Eco-economic efficiency criteria of waste processing technologies in non-ferrous metallurgy]. Tsvetnye metally [Non-Ferrous Metals], 4, 8–11. (In Russ.)
12. Brutyan M. (2012). Eko-innovatsii i ikh rol v sovremennom obshchestve [Eco-innovations and their role in modern society]. Samoupravlenie [Self-Government], 3, 35–36. (In Russ.)
13. Ponikarova A.S., Bardasova E.V., Tagirova G.F., Ponikarova I.N. (2012). Vnedrenie avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem upravleniya kak uslovie dostizheniya ustoichivogo innovatsionnogo razvitiya [Implementation of automated management systems as a condition for sustainable innovation development]. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University], 15(2), 172–177. (In Russ.)
14. Loginova T.V. (2019). «Zelenye» tekhnologii – osnova ozdorovleniya ekologii [Green technologies as a basis for environmental improvement]. Innovatsii [Innovations], 9(251), 29–32. <https://doi.org/10.26310/2071-3010.2019.251.9.005>. (In Russ., abstract in Eng.)
15. Malysheva T.V., Shinkevich A.I. (2022). Organizatsiya «zelenykh» neftekhimicheskikh proizvodstv [Organization of green petrochemical production]. Kursk: Universitetskaya kniga, 134. (In Russ.)
16. Zakharova O.V., Chebotareva S.P., Gusev A.A. et al. (2023). Ekologicheskie aspekty utilizatsii otkhodov chernoï metallurgii [Environmental

aspects of ferrous metallurgy waste utilization]. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University, 84. (In Russ.)

17. Polyakova T.N., Stroganova M.R. (2024). Obrazovanie otkhodov proizvodstva v Rossii: ekonomicheskie aspekty [Waste generation in Russia: economic aspects]. *Upravlenie tekhnosferoi [Technosphere Management]*, 7(3), 464–481. <https://doi.org/10.34828/UdSU.2024.40.65.008>. (In Russ., abstract in Eng.)

18. Ponikarova A.S. (2009). Otsenka effektivnosti sistem upravleniya innovatsionnymi promyshlennymi riskami predpriyatiya [Assessment of efficiency of innovation risk management systems]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of Kazan Technological University]*, 5, 248–255. (In Russ.)

19. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (n.d.). Otkhody proizvodstva i potrebleniya [Production and consumption waste]. Retrieved from: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science/> (Date of access: 20.09.2025). (In Russ.)

20. Kuzora I.E., Simonova E.V. (2023). Klassifikatsiya neftesoderzhashchikh otkhodov i podbor metodov ikh pererabotki [Classification of oil-containing waste and methods of processing]. *Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of Angarsk State Technical University]*, 17, 70–76. (In Russ.)

21. Tagaeva T.O., Gil'mundinov V.M., Kazantseva L.K. (2019). Otsenka nagruzki dobyvayushchikh otraslei na okruzhayushchuyu prirodnyuyu sredu [Assessment of environmental impact of extractive industries]. *Interexpo Geo-Sibir [Interexpo Geo-Siberia]*, 3(1), 249–256. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2019-3-1-249-256>. (In Russ.)

22. Salina A., Salin A. (2020). Bioindication of the metal-containing wastewater treatment process. *E3S Web of Conferences*, 02010. (In Eng.)

23. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoi statistiki (n.d.). Innovatsii [Innovations]. Retrieved from: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/4-inn_2023.rar (Date of access: 20.09.2025). (In Russ.)

24. Zotov M. (2024). Innovations shaping a greener future: The role of industry in environmental change. *E3S Web of Conferences*, 583, 08003. (In Eng.)

25. Zotov M. (2024). Innovation to ensure sustainable development in the coal industry. *E3S Web of Conferences*, 4021. (In Eng.)

26. Pugin K.G., Khodyashev M.B. (2011). Analiz ekologicheskikh riskov pri razmeshchenii tverdykh otkhodov metallurgii na poligonakh s protivofiltratsionnym ekranom iz neftesoderzhashchikh otkhodov [Analysis of environmental risks of metallurgical waste disposal]. *Zashchita okruzhayushchei sredy v neftegazovom komplekse [Environmental Protection in Oil and Gas Industry]*, 7, 44–48. (In Russ.)

27. Abdrakhimova E.S. (2018). Ispolzovanie otkhodov neftekhimii, tsvetnoi metallurgii i TEK v proizvodstve zharostoikikh betonov [Use of industrial

waste in refractory concrete production]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Ecological Systems and Devices], 4, 32–40. (In Russ.)

28. Zotov M.A. (2023). *Novye podkhody k opredeleniyu ustoichivyykh innovatsii* [New approaches to defining sustainable innovations]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* [Issues of Innovation Economy], 13(4). <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.119828>. (In Russ., abstract in Eng.)

29. Sycheva I.V., Koteneva M.V., Shulzhenko N.A., Tikhobaev V.M. (2019). *O neobkhodimosti gosudarstvennoi podderzhki infrastruktury pererabotki otkhodov chernoi metallurgii* [On the need for state support of waste recycling infrastructure]. *Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle* [Proceedings of Tula State University. Earth Sciences], 1, 335–344. (In Russ.)

30. Zotov M.A. (2023). *Komponenty i tipologiya ustoichivyykh innovatsii* [Components and typology of sustainable innovations]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* [Issues of Innovation Economy], 13(4), 2397–2410. <https://doi.org/10.18334/vinec.13.4.120065>. (In Russ., abstract in Eng.)

© Зотов М.А., 2026