

УДК 338

*С. В. Пономарева*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,  
e-mail: psvpon@mail.ru

*Д. Н. Каменских*

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь,  
e-mail: dima.kamen-n@mail.ru

## **РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ОТ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

**Ключевые слова:** рециклинг, бизнес-процесс, промышленные предприятия, отходы, производство, ресурсосбережение, затраты.

В научной статье представлено исследование рециклинга отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленными предприятиями Российской Федерации. Гипотеза исследования – ключевым преимуществом рециклинга отходов промышленных предприятий является экономия материальных, топливно-энергетических и природных ресурсов (ресурсосбережение). Объект исследования – промышленные предприятия оборонно-промышленного комплекса России. Предмет исследования – рециклинг отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленных предприятий. Цель исследования – представить научному сообществу ресурсосберегающий процесс рециклинга отходов, который позволяет экономить материальные, топливно-экономические и природные ресурсы, а также защитить природу и окружающую среду России от негативного воздействия загрязнений. В статье рассмотрены ключевые показатели рециклинга отходов и основной математический аппарат необходимый управленческому персоналу, обслуживающему производственные бизнес-процессы промышленного предприятия; визуализирован фрагмент рециклинга в программе «Python» по переработки пластика, стекла и металла; представлен расчёт затрат на отходы промышленного предприятия. Методы научного познания материалов исследования, которые были применены в статье: анализ, дедукция, моделирование и пр. Перспективы своих дальнейших исследований авторы связывают с изучением и моделированием процесса инсинерации (сжигание отходов, с целью получения энергии), а также в сферу научных интересов входит химический рециклинг пластика и промышленный комбайнинг.

*S. V. Ponomareva*

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: psvpon@mail.ru

*D. N. Kamenskikh*

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: dima.kamen-n@mail.ru

## **RECYCLING OF WASTE FROM THE IMPLEMENTATION OF MAIN BUSINESS PROCESSES BY INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**Keywords:** recycling, business process, industrial enterprises, waste, production, resource saving, costs.

The scientific article presents a study of recycling waste from the implementation of basic business processes by industrial enterprises of the Russian Federation. Research hypothesis - the key advantage of recycling industrial waste is the saving of material, fuel, energy and natural resources (resource conservation). The object of the study is industrial enterprises of the Russian military-industrial complex. The subject of the study is recycling of waste from the implementation of the main business processes of industrial enterprises. The purpose of the study is to present to the scientific community a resource-saving waste recycling process that allows saving material, fuel, economic and natural resources, as well as protecting the nature and environment of Russia from the negative effects of pollution. The article discusses the key indicators of waste recycling and the basic mathematical apparatus necessary for management personnel servicing the production business processes of an industrial enterprise; a fragment of recycling is visualized in the Python program for processing plastic, glass and metal; a calculation of the costs of waste from an industrial enterprise is presented. Methods of scientific knowledge of research materials that were used in the article: analysis, deduction, modeling, etc. The authors associate the prospects for their further research with the study and modeling of the incineration process (burning waste to produce energy), and the scope of their scientific interests includes chemical plastic recycling and industrial harvesting.

### Введение

Индустриальные предприятия оборонно-промышленного комплекса (далее - ОПК) являются крупными потребителями ресурсов (материальных, инновационных, природных и пр.) и генераторами отходов, что создаёт серьёзные проблемы для окружающей среды России. Современные методы управления отходами и интегрированные подходы к инженерным процессам способствуют уменьшению негативного воздействия промышленных предприятий на окружающую среду. В настоящее время промышленные предприятия играют значимую роль в экономической, политической и социальной сфере, они создают рабочие места, производят готовую продукцию, товары и технологии двойного назначения, способствуют развитию регионов и снижают безработицу. Вместе с положительными аспектами, промышленные предприятия генерируют большое количество отходов, которые оказывают негативное влияние на природу и окружающую среду России. Рециклинг отходов – это процесс переработки отходов, с целью получения вторичного сырья или энергии на технологические цели промышленного предприятия. Рециклинг отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленными предприятиями – одна из мер, направленных на минимизацию отрицательных факторов воздействия, на окружающую среду и природу Российской Федерации.

Научная проблема, которая требует своевременного решения от учёных всего мира – загрязнение окружающей среды отходами производственных предприятий, со временем, достигла таких масштабов, что требуется максимально применять переработку и сортировку отходов для сохранения биологического баланса.

Гипотеза исследования – ключевым преимуществом рециклинга отходов промышленных предприятий является экономия материальных, топливно-энергетических и природных ресурсов (ресурсосбережение).

Объект исследования – промышленные предприятия оборонно-промышленного комплекса России. Предмет исследования – рециклинг отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленных предприятий.

Цель исследования – представить научно сообществу ресурсосберегающий

процесс рециклинга отходов, который позволяет экономить материальные, топливно-экономические и природные ресурсы, а также защитить природу и окружающую среду России от негативного воздействия загрязнений.

### Материалы и методы исследования

Методы научного познания материалов исследования, которые были применены в статье: анализ, дедукция, моделирование и другие.

Обзор научных источников показал заинтересованность учёных в решении данной проблемы: Калтяев Ю.В. рассматривал отдельные аспекты внедрения IoT в бизнес-процессы предприятия [1, с. 1653-1659]; Хачатурян А.А., Пономарева С.В., Серебрянский Д.И. показали автоматизацию и роботизацию бизнес-процессов в высокотехнологичных компаниях [2, с. 661-666]; Мамедова Н.А. изучила бизнес-процессы с точки зрения проектного управления [3, с. 379-391]; Абдрахимов В.З. исследовал рециклинг отходов металлургии без применения природных традиционных материалов в производство кислотоупорных материалов [4, с. 21-28]; Абдуллина Л.Ш., Тайсина С.М. интересовались получением вторичного сырья при рециклинге отходов металлургического производства [5, с. 246-257]; Аджиева А.И. занималась автоматизацией бизнес-процессов [6, с. 9-11]; Астапович Р.И., Алексеева М.С. изучили опыт рециклинга Китая и экономические выгоды в области переработки пластмассовых отходов [7, с. 120-123]; Водолажская Е.Л., Останина С.Ш. представили региональные особенности потенциала экономики замкнутого цикла в современных условиях [8, с. 55-65]; Гладун В.Д., Бабукова А.А. изучили эколизинг в конвергентном рециклинге отходов производства [9, с. 26-31]; Ефимчик К.В., Кудина Е.Ф. провели обзор рециклинга полимерных композиционных материалов [10, с. 75-86]; Колесников Р.В. изучил эволюцию рециклинга отходов [11, с. 290-294]; Кудина Е.Ф., Ефимчик К.В. показали методы утилизации и рециклинга полимерных композиционных материалов [12, с. 77-86]; Пономарева С.В. исследовала цифровую систему управления информацией о бизнес-процессах промышленного предприятия [13, с. 61-67];

Пономарева С.В. представила методику расчёта индекса готовности промышленных

предприятий к цифровой трансформации основных бизнес-процессов [14, с. 46-53]; Ровин С.Л. и др. провели исследование в области переработки пыли дробеочистки [15, с. 34-39]; Романов И.В., Задорожный Р.Н., Кудряшова Е.Ю. изучили рециклинг бронзовых отходов машиностроительных производств [16, с. 40-47]; Трутнев А.Ю. показал преимущества и основные проблемы рециклинг отходов в России [17, с. 398-402]; Хачатурян А.А., Пономарева С.В., Мельникова А.С. представили стратегическое внутрифирменное планирование цифровых активов, как части имущества и научно-технологического развития оборонно-промышленного комплекса России [18, с. 301-306]; Хачатурян А.А., Хачатурян К.С., Пономарева С.В., Мельникова А.С. показали бизнес моделирование и алгоритмизацию процессов высокотехнологичных компаний, в условиях цифровизации экономики [19, с. 100-205]; Юсупова М.Д., Булгучев М.Х. выявили возможности и угрозы эффективного функционирования предприятий, в условиях индустрии 4.0 [20, с. 47-54]. Другие авторы рассматривали рециклинг в рамках бизнес-процессов промышленных предприятий, но, в данной статье не рассматривались.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Рециклинг отходов является одним из ключевых аспектов устойчивого развития промышленных предприятий РФ. В условиях растущей осознанности важности сохранения окружающей среды, природы и уменьшения отрицательного воздействия человеческой деятельности на экосистему, рециклинг отходов принимает всё более значимую роль в основных бизнес-процессах промышленных предприятий. Важность применения рециклинга можно описать фактами:

- во-первых, промышленные предприятия генерируют огромное количество отходов, включая материальные, отработанные ресурсы и производственные остатки. Большая часть этих технических отходов может быть переработана и возвращена в производственный цикл. Рециклинг отходов позволяет использовать вторичные сырьевые материалы, что снижает потребление первичных ресурсов, экономит энергию и снижает количество отходов, направляемых на свалку;

- во-вторых, рециклинг отходов способствует сокращению экологического и соци-

ального воздействия промышленных предприятий. Вместо выбрасывания отходов на свалку, где они могут загрязнять почву, воду, воздух, рециклированные материалы и сырьё могут быть повторно использованы в производственном процессе. Это позволяет снизить негативное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду и улучшить их имидж в глазах общества;

- в-третьих, экономическая выгода от рециклинга отходов, так как он приведёт к ресурсосбережению, снизит расходы на закупку новых материально-производственных запасов и их транспортировку. Кроме того, рециклинг отходов способствует уменьшению налоговых, экологических выплат и штрафов, связанных с утилизацией и пр.;

- в-четвёртых, применение технологий и методов рециклинга отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленными предприятиями РФ может способствовать созданию новых возможностей для инноваций и развития. Внедрение новых технологий рециклинга может подтолкнуть предприятия к разработке более эффективных и устойчивых производственных методов, что в свою очередь, способствует повышению конкурентоспособности на мировом рынке.

Целесообразно отметить, что уже существуют несколько инновационных технологий и методов рециклинга отходов, которые активно применяются и модернизируются для внедрения, в настоящий период времени (рис. 1).

Эти технологии и методы (рис. 1) играют важную роль в развитии устойчивых и экологически ответственных производственных практик рециклинга, они будут продолжать приобретать всё большее значение для промышленных предприятий в борьбе с проблемой переработки и утилизации отходов.

Создание бизнес-процессов, направленных на минимизацию отходов и максимизацию ресурсоэффективности, является важным шагом для промышленных предприятий России, стремящихся к устойчивому развитию и целостности окружающей среды и экосистемы страны и мира (табл. 1).

Представленные бизнес-процессы промышленного предприятия (табл. 1) содержат ключевые показатели, которые можно представить в виде математических формул (табл. 2).

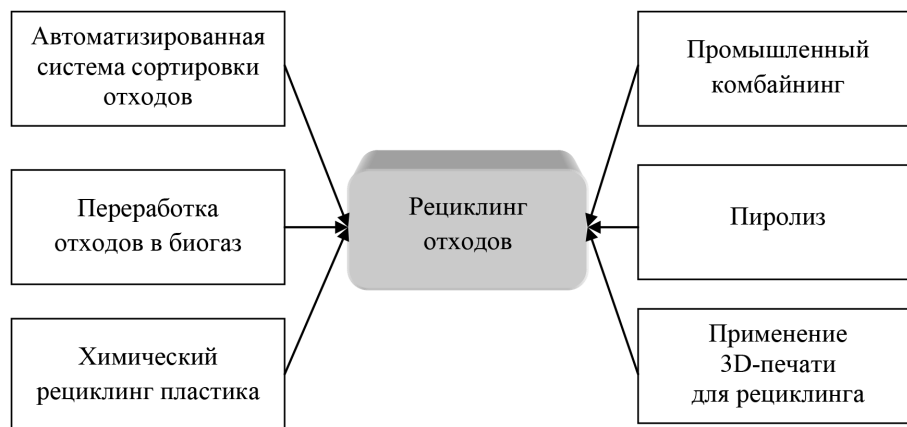


Рис. 1. Современные технологии и методы рециклинга отходов от осуществления основных бизнес-процессов промышленными предприятиями

Таблица 1

Бизнес-процессы промышленного предприятия и их ключевые показатели

№ п.п.	Наименование бизнес-процесса	Ключевой показатель бизнес-процесса
1	Сбор отходов	Объём собранных отходов
2	Транспортировка отходов	Затраты топлива на транспортировку отходов
3	Сортировка отходов	Процент отходов, подлежащий переработки
4	Переработка отходов	Процент полученных вторичных материалов
5	Утилизация отходов	Снижение количества «обезвреженных» отходов
6	Соблюдение стандартов экологической безопасности	Количество нарушений экологических требований
7	Экономический результат	Увеличение чистой прибыли от продажи вторичных материалов (применения в производстве)

Таблица 2

Основные математические формулы для расчета ключевых показателей рециклинга отходов

№ п.п.	Ключевой показатель рециклинга отходов	Математическая формула расчёта показателя
1	Снижение затрат (расходов)	$(\text{Расходы до рециклинга} - \text{Расходы после рециклинга}) / \text{Расходы до рециклинга} * 100\%$
2	Снижение объёма отходов	$(\text{Объём отходов до рециклинга} - \text{Объём отходов после рециклинга}) / \text{Объём отходов до рециклинга} * 100\%$
3	Увеличение прибыли от рециклинга	$(\text{Прибыль после рециклинга} - \text{Прибыль до рециклинга}) / \text{Прибыль до рециклинга} * 100\%$
4	Сокращение вредного экологического воздействия	$(\text{Экологическое воздействие до рециклинга} - \text{Экологическое воздействие после рециклинга}) / \text{Экологическое воздействие до рециклинга} * 100\%$

Математические формулы для расчёта ключевых показателей рециклинга отходов (табл. 2) помогут управленческому персоналу осуществлять внутрифирменное планирование основных показателей производственных бизнес-процессов. Представим в таблице 3 расчёт суммы затрат на отходы

производства и основных бизнес-процессов промышленных предприятий.

Из данных представленных в таблице 3 следует, что сумма затрат на отходы составляет 1.832.306 руб. 79 коп. Представим фрагмент визуализации программирования рециклинга (рис. 2).

```

# Исходные данные production_waste = {
'пластик': 30,

# объем пластиковых отходов (в
тоннах) 'стекло': 20,

# объем стеклянных отходов (в тоннах)
'металл': 10

# объем металлических отходов (в тоннах) }

# Функция рециклинга отходов
defrecycling(production_waste): total_recycled
= 0

# общий объем переработанных отходов (в
тоннах)

# Рециклирование пластика plastic =
production_waste['пластик'] plastic_recycled =
plastic * 0.7

# 70% переработанных пластиковых отходов
total_recycled += plastic_recycled

# Рециклирование стекла glass =
production_waste['стекло'] glass_recycled =
glass * 0.6

# 60% переработанных стеклянных
отходовtotal_recycled += glass_recycled

# Рециклирование металла metal =
production_waste['металл'] metal_recycled =
metal * 0.8

```

*Рис. 2. Фрагмент визуализации скрипта из «Python» по рециклингу отходов (металл, стекло, пластик)*

Фрагмент визуализации программы в «Python» рециклинга отходов (рис. 2) включает три элемента: металл; стекло; пластик. Менеджер предприятия берёт исходные данные об объёме отходов из данных основных

бизнес-процессов производства пластика (стекла, металла), затем рассчитывается объём переработки отходов по ключевым математическим формулам, выводит общий объём переработанных отходов в тоннах (кг).

Расчёт суммы затрат (расходов) на отходы

Наименование вещества	АС, мг/м <sup>3</sup>	Выбросы в кг/м <sup>3</sup> в год от производства	Rfс, мг/м <sup>3</sup>	Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный за тонну воздуха	Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный за кг в воздух	Ставки платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный за кг в воду
Пыль стеклопластика	8.82	125	0.1	70.69	0.57	0.00
Бензол	0.62	8.625	0.03	70.69	4.10	8008.26
Ксилол	0.81	11.25	0.1	37.67	1.67	104269.17
Стирол	10.49	145.625	1	3448.37	11.84	674857.85
Толуол	3.82	53.125	0.4	12.47	0.12	49326.24
Тетрахлорэтилен	14.62	202.68	0.035	117.81	0.29	469459.17
Спирт изопропиловый	4.32	59.875	0.73	12.47	0.10	277473.74
Спирт этиловый	2.28	31.63	100	1.39	0.02	146580.28
Этилацетат	0.86	11.93	3.2	20.16	0.84	22371.08
Ацетон	0.62	8.625	31.2	20.92	1.21	79939.70
Уайт-спирит	1.17	16.25	1	8.44	0.52	0.00
Сумма:	X	675	X	3761.08	21.29	1832285.50
Сумма затрат на отходы, руб.						1.832.306.79

**Выводы**

В результате проведённых исследований следует представить следующие выводы:

- во-первых, затраты на утилизацию и вывоз отходов от производственных бизнес-процессов составляет, на основании представленных в статье расчётов, значительную сумму, поэтому рециклинг значительно выгоднее, с экономической точки зрения;
- во-вторых, на промышленных предприятиях целесообразно ввести ключевые показатели рециклинга отходов;
- в-третьих, целесообразно автоматизировать и роботизировать процесс рециклин-

га отходов, для этого следует выполнить скрипты в программе Python;

- в-четвёртых, для каждого бизнес-процесса промышленного предприятия свойственны отходы (металл, пластик, стекло, деревянная пыль и пр.);
- в-пятых, каждому современному предприятию целесообразно внедрять и применять инновационные технологии и методы рециклинга отходов, с целью ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

Перспективы своих дальнейших исследований авторы связывают с изучением и моделированием процесса инсинерации (сжигание отходов, с целью получения энергии).

*Библиографический список*

1. Kaltayev Ye.B. Digitalization of business processes organizations using Iot // Научный аспект. 2023. Т. 13, № 4. С. 1653-1659.
2. Khachatryan K.S., Ponomareva S.V., Serebryansky D.I. Automation and Robotization business processes in the Russian High-tech companies // Industry Competitiveness: Digitalization, Management, and Integration. Vol. 2. Сер. "Lecture Notes in Networks and Systems, 280" Luxembourg. 2021. С. 661-666.
3. Mamedova N.A. Towards digitalization of business processes: building a business domain ontology for project management // WSEAS Transactions on Systems and Control. 2022. Т. 17. С. 379-391.
4. Абдрахимов В.З. Рециклинг отходов металлургии без применения природных традиционных материалов в производство кислотоупорных материалов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. Т. 21, № 2. С. 21-28.

5. Абдуллина Л.Ш., Тайсина С.М. Получение вторичного сырья при рециклинге отходов металлургического производства // Технологии металлургии, машиностроения и материалообработки. 2022. № 21. С. 246-257.
6. Аджиева А.И. Автоматизация бизнес-процессов // Философия социальных коммуникаций. 2023. № 1 (59). С. 9-11.
7. Астапович Р.И., Алексеева М.С. Опыт рециклинга Китая и экономические выгоды в области переработки пластмассовых отходов // Научное и образовательное пространство в условиях вызовов современности. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2023. С. 120-123.
8. Водолажская Е.Л., Останина С.Ш. Региональные особенности потенциала экономики замкнутого цикла в современных условиях // Век качества. 2022. № 1. С. 55-65.
9. Гладун В.Д., Бабукова А.А. Эколизинг в конвергентном рециклинге отходов производства // Успехи современного естествознания. 2023. № 1. С. 26-31.
10. Ефимчик К.В., Кудина Е.Ф. Рециклинг полимерных композиционных материалов: современное состояние и перспективы развития (обзор) // Горная механика и машиностроение. 2023. № 2. С. 75-86.
11. Колесников Р.В. Эволюция рециклинга отходов // Экономические и управленческие технологии XXI века: теория и практика, подготовка специалистов: Материалы Международной методической и научно-практической конференции имени доктора экономических наук, профессора Т.Р. Терёшкиной. СПб., 2023. С. 290-294.
12. Кудина Е.Ф., Ефимчик К.В. Методы утилизации и рециклинга полимерных композиционных материалов // Полимерные материалы и технологии. 2022. Т. 8, № 4. С. 77-86.
13. Пономарева С.В. Цифровая система управления информацией о бизнес-процессах промышленного предприятия // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 1, № 12 (141). С. 61-67.
14. Пономарева С.В. Методика расчёта индекса готовности промышленных предприятий к цифровой трансформации основных бизнес-процессов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 5, № 10 (139). С. 46-53.
15. Ровин С.Л., Шейнерт В.А., Григорьев С.В., Телешова Е.В. Исследование и переработка пыли дробеочистки // Литье и металлургия. 2022. № 2. С. 34-39.
16. Романов И.В., Задорожний Р.Н., Кудряшова Е.Ю. Рециклинг бронзовых отходов машиностроительных производств // Технический сервис машин. 2023. № 2 (151). С. 40-47.
17. Трутнев А.Ю. Рециклинг отходов в России: преимущества и основные проблемы // Природные опасности: связь науки и практики. Материалы III Международной научно-практической конференции. Саранск, 2023. С. 398-402.
18. Хачатурян А.А., Пономарева С.В., Мельникова А.С. Стратегическое внутрифирменное планирование цифровых активов как части имущества и научно-технологического развития оборонно-промышленного комплекса России // Инновационные кластеры цифровой экономики: драйверы развития. Труды научно-практической конференции с международным участием. СПб., 2018. С. 301-306.
19. Хачатурян А.А., Хачатурян К.С., Пономарева С.В., Мельникова А.С. Бизнес моделирование и алгоритмизация процессов высокотехнологичных компаний в условиях цифровизации экономики: монография. М.: Изд-во ИПР РАН, 2019. 335 с.
20. Юсупова М.Д., Булгучев М.Х. Возможности и угрозы эффективного функционирования предприятий, в условиях индустрии 4.0 // Вестник Чеченского государственного университета им. А.А. Кадырова. 2022. № 2 (46). С. 47-54.