

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье рассмотрены вопросы учета и обращения отходов производства и потребления, как «универсального» вида негативного воздействия на окружающую среду, характерного для всех предприятий. Разработан реестр показателей движения и использования отходов производства и проведена его апробация на натурных данных промышленного предприятия, которая показала перспективы развития актуальной «отходоперерабатывающей» инфраструктуры.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, окружающая среда, негативное воздействие, обращение с отходами, система показателей.

Образование отходов производства и потребления, также как и твердых коммунальных является самым «высокодиверсифицированным» видом негативного воздействия на окружающую среду. Это связано с большим количеством факторов, формирующих особенности конкретного вида отходов, включая их агрегатное состояние, реакционную способность, физико-химические (пожаро- и взрывоопасность, легковоспламеняемость) и другие характеристики.

Авторы исследования [Куманеева, Шевелева, В. Зонова, 2024] отмечают, что проблема образования отходов производства и потребления давно вышла за пределы зоны ответственности отдельного предприятия, холдинга или отрасли в целом. Объем образования отходов в РФ увеличился с 2017 по 2022 год почти на 2,8 млрд. т или на 45 %. При этом доля утилизированных и обезвреженных отходов за данный период снизилась на 6,8 %, что является отрицательной тенденцией. В этой же статье авторы указывают, что одно из возможных решений данной проблемы – построение архитектуры производственного цикла на основе использования возвратных отходов – имеет ряд существенных ограничений, включая потребность в значительных финансовых ресурсах и «топливно-энергетическое» происхождение основной массы отходов.

Важная проблема управления отходами рассматривается в трудах Шилкиной С. В [Шилкина, 2020; Шилкина, 2022]. В частности, исследователь приводит примеры не только отечественной, но и зарубежных систем обращения с отходами, обращая внимание, что в нашей стране, во многих случаях, приори-

тетным является «экстенсивный» путь, направленный на захоронение отходов. Частная проблема – высокие темпы роста образования твердых коммунальных отходов, где большую долю занимает пластик с длительным периодом разложения. В связи с этим обосновывается необходимость принятия решения о государственном финансировании (или софинансировании) строительства мусоросортирующих, мусороперерабатывающих или мусоросжигающих объектов.

Коллектив авторов [Мясков, Тулупов, Жиронкина, Зайцев, 2018] рассматривает проблему идентификации, учета и управления отходами, как один из важнейших элементов «макросистемы» или экологической политики, где приоритетом является охрана природных экосистем. Ученые делают вывод, что основой эффективности реализации природоохранных мероприятий должен быть актуальный и соответствующий внешним вызовам организационно-экономический механизм управления природоохранной деятельностью.

Существенный вклад в проблему выбора эффективного способа обращения с отходами внес коллектив авторов под руководством профессора В. И. Голика [Голик, Разоренов, Титова, Масленников, 2023]. В данной работе процесс утилизации переработки руд интегрирован в систему обеспечения промышленной и экологической безопасности горнодобывающей отрасли, включающую технологические процессы и мониторинг за уровнем негативного воздействия на окружающую среду. Авторы обосновывают возможность утилизации отходов, образующихся на отдельных технологических стадиях или переделах производства с помощью показателей экономической эффективности.

В развитие данного направления в работах [Харионовский, Гришин, Коликов, Удалова, 2021; Использование, 2020] предложены технологические решения, предполагающие включение отходов в производственный оборот, т.е. перевод отходов в категорию сырья и материалов. Авторами разработаны рекомендации по использованию минеральных отходов добывающей, перерабатывающей промышленности и твердотопливной энергетики для закладки выработанного пространства. Другая перспективная природоподобная технология, использующая вскрышные породы для создания фильтровальных дамб, может

применяться для эффективной очистки сточных вод угольных предприятий [Использование, 2020].

В связи с этим, важное значение, имеет учет отходов на основе специальной экологической формы отчетности 2-ТП (отходы) «Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления», где аккумулируются все данные первичного учета отходов с отдельных рабочих мест и производственных подразделений. Авторами разработан реестр показателей движения и использования отходов производства и потребления (табл. 1) и проведена его апробация на натурных данных промышленного предприятия, функционирующего в газовой отрасли (табл. 2).

Таблица 1

Расчетные формулы реестра показателей движения и использования  
отходов производства и потребления

Наименование показателя	Расчетная формула
Среднегодовое количество отходов на предприятии ( $W_{\text{срГ}}$ ), т	$W_{\text{срГ}} = (W_1 + W_{17}) / 2$ , где $W_1$ – количество отходов на начало года, т; $W_{17}$ – количество отходов на конец года, т.
Удельное образование отходов ( $W_y$ ), т/т	$W_y = (W_2 + W_4 + W_5) / V$ , где $W_2$ – образование отходов за отчетный год, т; $W_4$ – количество отходов, поступивших с собственных объектов, т.; $W_5$ – количество других видов отходов, образовавшихся после обработки, т.; $V$ – объем производства продукции, т.
Коэффициент внутренней обработки отходов ( $K_1$ )	$K_1 = W_6 / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$ , где $W_3$ – количество отходов, поступивших из других организаций, т.; $W_6$ – количество обработанных отходов, т.
Коэффициент внутренней утилизации отходов ( $K_2$ )	$K_2 = W_7 / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$ , где $W_7$ – количество утилизированных отходов, т.
Коэффициент внутреннего обезвреживания отходов ( $K_3$ )	$K_3 = W_8 / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$ , где $W_8$ – количество обезвреженных отходов, т.
Коэффициент внешнего использования отходов ( $K_4$ )	$K_4 = (W_9 + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13}) / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$ , где $W_9, W_{10}, W_{11}, W_{12}, W_{13}$ – количество отходов, переданных другим организациям, соответственно, для обработки, утилизации, обезвреживания, хранения и захоронения, т.
Коэффициент внешней обработки отходов ( $K_5$ )	$K_5 = W_9 / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$
Коэффициент внешней утилизации отходов ( $K_6$ )	$K_6 = W_{10} / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$

Продолжение таблицы 1	
Коэффициент внешнего обезвреживания отходов ( $K_7$ )	$K_7 = W_{11} / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$
Коэффициент внешнего хранения отходов ( $K_8$ )	$K_8 = W_{12} / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$
Коэффициент внешнего захоронения отходов ( $K_9$ )	$K_9 = W_{13} / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$
Коэффициент внутреннего размещения отходов ( $K_{10}$ )	$K_{10} = W_{14} + W_{15} + W_{16} / (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$ , где $W_{14}$ – количество отходов, переданных на собственные объекты, т.; $W_{15}$ , $W_{16}$ – количество отходов, переданных на собственные объекты, соответственно, для хранения и захоронения, т.
Коэффициент импорта отходов ( $K_{\text{имп}}$ )	$K_{\text{имп}} = W_3 / W_2$
Коэффициент экспорта отходов ( $K_{\text{эксп}}$ )	$K_{\text{эксп}} = (W_9 + W_{10} + W_{11} + W_{12} + W_{13}) / W_2$

Таблица 2

Реестр показателей движения и использования отходов производства  
и потребления предприятия ООО «Газпром добыча Кузнецк»

Наименование показателя	Кварталы			
	I	II	III	IV
Количество отходов на начало периода ( $W_1$ ), т	0,081	0	0,198	0,002
Количество отходов на конец периода ( $W_{17}$ ), т	0	0,198	0,002	0,752
<b>Среднеквартальное количество отходов на предприятии (<math>W_{\text{срп}}</math>), т</b>	0,041	0,099	0,1	0,377
Образование отходов за отчетный период ( $W_2$ ), т	3,959	6,916	7,943	5,462
Количество отходов, поступивших из других организаций ( $W_3$ ), т	0	0	0	0
Количество отходов, поступивших с собственных объектов ( $W_4$ ), т	0	0	0	0
Количество других видов отходов, образовавшихся после обработки ( $W_5$ ), т	0	0	0	0
Количество обработанных отходов ( $W_6$ ), т	1,00	1,238	1,00	1,00
<b>Коэффициент внутренней обработки отходов (<math>K_1</math>)</b>	0,248	0,179	0,123	0,183
Количество утилизированных отходов ( $W_7$ ), т	0,851	0,649	3,6	0
<b>Коэффициент внутренней утилизации отходов (<math>K_2</math>)</b>	0,211	0,094	0,442	0
Количество обезвреженных отходов ( $W_8$ ), т	2,265	3,733	2,648	2,529
<b>Коэффициент внутреннего обезвреживания отходов (<math>K_3</math>)</b>	0,561	0,54	0,325	0,463
Количество отходов, переданных другим организациям для обработки ( $W_9$ ), т	0	0	0	0
Количество отходов, переданных другим организациям для утилизации ( $W_{10}$ ), т	0,006	0,63	0,535	0,24
Количество отходов, переданных другим организациям для обезвреживания ( $W_{11}$ ), т	0,736	1,706	1,356	1,927
Количество отходов, переданных другим организациям для хранения ( $W_{12}$ ), т	0,182	0	0	0
Количество отходов, переданных другим организаци-	0	0	0	0

ям для захоронения ( $W_{13}$ ), т				
Продолжение таблицы 2				
<b>Коэффициент внешнего использования отходов (<math>K_4</math>)</b>	0,229	0,338	0,232	0,397
<b>Коэффициент внешней обработки отходов (<math>K_5</math>)</b>	0	0	0	0
<b>Коэффициент внешней утилизации отходов (<math>K_6</math>)</b>	0,001	0,091	0,066	0,044
<b>Коэффициент внешнего обезвреживания отходов (<math>K_7</math>)</b>	0,182	0,247	0,167	0,353
<b>Коэффициент внешнего хранения отходов (<math>K_8</math>)</b>	0,045	0	0	0
<b>Коэффициент внешнего захоронения отходов (<math>K_9</math>)</b>	0	0	0	0
Количество отходов, переданных на собственные объекты ( $W_{14}$ ), т	0	0	0	0
Количество отходов, переданных на собственные объекты для хранения ( $W_{15}$ ), т	0	0	0	0
Количество отходов, переданных на собственные объекты для захоронения ( $W_{16}$ ), т	0	0	0	0
<b>Коэффициент внутреннего размещения отходов (<math>K_{10}</math>)</b>	0	0	0	0
<b>Коэффициент импорта отходов (<math>K_{имп}</math>)</b>	0	0	0	0
<b>Коэффициент экспорта отходов (<math>K_{эксп}</math>)</b>	0,233	0,338	0,238	0,397

Из таблицы 2 видно, что исходные данные и расчетные показатели представлены поквартально за отчетный период. Обращает на себя значительный рост среднеквартального количества отходов на предприятии ( $W_{срг}$ ) – с 0,041 т в первом квартале до 0,377 т в четвертом квартале. Разнонаправленно изменяются коэффициенты внутренней обработки, внутренней утилизации и внутреннего обезвреживания отходов ( $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$ ). Положительной тенденцией является рост коэффициентов  $K_1$  и  $K_3$ , характеризующих востребованность подразделений предприятия, осуществляющих обработку и обезвреживание отходов. Увеличение также наблюдается по коэффициентам внешнего использования отходов ( $K_4$ ), внешнего обезвреживания отходов ( $K_7$ ) и экспорта отходов ( $K_{эксп}$ ), что показывает текущую необходимость внешнего взаимодействия с предприятиями-контрагентами, осуществляющими обезвреживание и другие способы обращения с отходами. Коэффициент внешней утилизации наоборот уменьшается в период со 2-го по 4-й квартал (с 0,091 до 0,044). Ряд показателей за исследуемый период имеют нулевые значения (коэффициенты внешней обработки отходов –  $K_5$ , внешнего хранения отходов –  $K_8$ , внешнего захоронения отходов –  $K_9$ , внутреннего размещения отходов –  $K_{10}$  и импорта отходов –  $K_{имп}$ ).

Представленная система показателей характеризует внутренние возможности предприятия по переработке отходов и может использоваться для обоснования необходимости расширения внутренней «отходоперерабатывающей» инфраструктуры. Другой смежный вопрос – определение зависимости от внешних предприятий-переработчиков отходов, что приобретает важнейшее значение в условиях реформирования экологического законодательства и увеличения платы за негативное воздействие на окружающую среду [Михайлов, Бугрова, 2015].

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- проведен анализ литературных источников по проблеме систем учета отходов производства и потребления и эффективных способов их обращения, включая минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и максимизацию экономического результата;
- разработан реестр показателей движения и использования отходов производства и потребления;
- проведена апробация разработанного реестра показателей на натурных данных промышленного предприятия ООО «Газпром добыча Кузнецк»:
  - значения коэффициентов внутренней обработки и внутреннего обезвреживания отходов (соответственно, 0,183 и 0,486 в 4-ом квартале) показывают увеличение количества отходов, прошедших обработку и обезвреживание на собственных мощностях;
  - значения коэффициентов внешнего использования и внешнего обезвреживания отходов (соответственно, 0,397 и 0,353 в 4-ом квартале) показывают увеличение количества отходов, которые отправляются «на сторону» и требуют дополнительных затрат на внешнее обращение;
- определена практическая значимость разработанного реестра отходов производства и потребления для обоснования выбора эффективного способа обращения и необходимости ввода в эксплуатацию или расширения собственных мощностей по переработке отходов.

#### Библиографический список

1. Куманеева М. К., Шевелева, О. Б., Зонова О.В. Управление отходами производства в угольной отрасли: ресурсно-экологический аспект. // Уголь, 2024. – № 2 (1177). – С. 74–78.
2. Шилкина С. В. Мировые тенденции управления отходами и анализ ситуации в России. // Отходы и ресурсы, 2020. – Т. 7. – № 1. – С. 5.
3. Шилкина С. В. Управление пластиковыми отходами: российский и зарубежный опыт. // Отходы и ресурсы, 2022. – Т. 9. – № 1.
4. Мясков А. В., Тулупов А.С., Жиронкина О. В., Зайцев В.С. Механизм выбора вариантов сохранения экосистем с учетом региональных и технологических особенностей промышленных предприятий. // Экономика промышленности, 2018. – Т. 11, № 3. – С. 273–279.
5. Голик В. И. Разоренов Ю.И., Титова А. В., Масленников С. А. Повышение безопасности труда в промышленности путем утилизации отходов переработки руд. // Безопасность труда в промышленности, 2023. – № 4. – С. 51–58.
6. Харионовский А. А. , В. Ю. Гришин В. Ю., Коликов К. С., Удалова Н. П. Проблемы использования отходов угледобычи. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2021. – № 10-1. – С. 45–55.
7. Использование вскрышных пород для повышения экологической безопасности угледобывающего региона / Е. В. Макридин, М. А. Тюленев, С. О. Марков [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2020. – № 12. – С. 89–102.
8. Михайлов В. Г., Бугрова С. М. Совершенствование системы управления эколого-экономической безопасностью на ЗАО «Разрез «Инской». // В мире научных открытий, 2015. – № 6-1(66). – С. 548–564.

**V. G. Mikhailov, Ya. S. Mikhailova, M. T. Kazaryan**

*T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia*

### **STUDY OF THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

The article discusses the issues of accounting and handling of production and consumption waste, as a “universal” type of negative impact on the environment, characteristic of all enterprises. A register of indicators of the movement and use of industrial waste was developed and tested on full-scale data of an industrial enterprise, which showed prospects for the development of current “waste processing” infrastructure.

**Key words:** industrial enterprise, environment, negative impact, waste management, system of indicators.