

УДК 629.11.012.5.004.82:622(571.17)

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН И ПОЛУЧЕНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ

Шапранко Д. С., инженер I категории отдела экологии и охраны природы  
Научный руководитель – Корчагина Т. В., к.т.н., директор  
ООО «Сибирский Институт Горного Дела»  
г. Кемерово

Человек в процессе производства и промышленной переработки продукции превращает в отходы 98% извлекаемого сырья из недр планеты [1]. В результате чего миллионы тонн отходов размещаются в окружающей среде, загрязняя ее. Одним из самых распространённых и эффективных способов уменьшения количества образующихся отходов является их повторное использование.

Преимуществами повторного использования отходов являются:

- снижение негативного воздействия отходов на окружающую среду;
- сокращение размеров полигонов;
- сохранение первичных природных ресурсов;
- получение побочных вторичных продуктов, которые могут служить сырьем для различных отраслей народного хозяйства.

Существует определенная группа отходов производства и потребления, которая создает неблагоприятную экологическую обстановку в каждом регионе России. К числу таких отходов относят отходы резинотехнических изделий (РТИ), большую часть которых составляют изношенные шины.

По официальным данным в Кемеровской области ежегодно накапливается 10-15 тысяч тонн отработанных шин, в том числе крупногабаритных [2]. В связи с ежегодным ростом объемов добычи угля, увеличением количества горнодобывающего оборудования (автосамосвалов, грейдеров, погрузчиков и т.д.) эти показатели в дальнейшем увеличатся.

Тем не менее, экологические проекты в настоящее время являются экономически непривлекательными из-за долгих сроков их окупаемости и малой прибыльности. Это касается, в том числе и проектов по утилизации шин. Поэтому эколого-экономическое обоснование данного вида деятельности является актуальной задачей.

Для утилизации изношенных шин используются различные способы: измельчение, сжигание, деструкцию в среде жидких углеводородов, пиролиз и т.д. Методы утилизации имеют и преимущества и недостатки, но кардинально проблема использования шинного утиля не решена.

Одним из перспективных методов утилизации шин является пиролиз, преимущества которого заключаются в универсальности метода (возможности утилизации широкого ассортимента продукции) и минимальных энергозатратах на подготовку сырья, причем пиролизные установки, как правило, работают в режиме самообеспечения.

Процесс утилизации шин методом пиролиза в основном состоит из следующих операций:

- подготовка сырья (извлечение металлокорда, резка шин на куски),
- загрузка измельченных шин в тигли пиролизной печи,
- протекание процесса пиролиза,
- возврат образующегося пиролизного газа на дожиг на газовые горелки, тем самым установка переходит в режим самообеспечения,
- извлечение и охлаждение тиглей,
- извлечение металлических включений из углеродосодержащего твердого остатка пиролиза шин,
- сбор металлокорда,
- сбор очищенного углеродосодержащего твердого остатка,
- сбор пиролизного топлива.

Таким образом, в ходе утилизации шин методом пиролиза образуется ценное вторичное сырье, области применения которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Области применения вторичного сырья, полученного в ходе утилизации шин методом пиролиза

№ п/п	Наименование продукта	Назначение продукта
1	Пиролизное жидкое топливо	Применяется в качестве жидкого топлива для котлоагрегатов, заменитель печного топлива. Применима разгонка на фракции с целью получения различных нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, масло, смолы и др.)
2	Углеродосодержащий твердый остаток (УТО)	Применяется в качестве твердого топлива, а также возможно использование для приготовления модифицированного жидкого топлива, в качестве сорбента, заменителя активированного угля, наполнителя при изготовлении новых резинотехнических изделий неответственного назначения, красителя для лакокрасочного, цементного и других производств, а также как наполнитель резинобитумных mastик.
3	Пиролизный газ	Используется полностью для работы пиролизной установки в качестве топлива.

4	Металлолом (металлокорд)	Представляет собой обрезки проволоки, хорошо прессуется в брикеты и реализуется как второматериал. Имеет в своем составе высококачественную сталь.
---	--------------------------	--

Как видно из таблицы, все вторичное сырье найдет свое применение в хозяйственной деятельности, поэтому интерес к утилизации шин, как к бизнесу, заметно возрастает.

Для более детального анализа инвестиционной привлекательности предприятий по утилизации шин рассмотрим пример организации мини-завода по утилизации шин и производству сорбентов.

На первом этапе проведен сбор и анализ информации уже существующих промышленных установок по утилизации шин. Авторами предлагается использовать оборудование «Пиротекс» производительностью 5 тонн/сутки (рис. 1). Принцип работы установки основан на методе закрытого пиролиза. «Пиротекс» позволяет утилизировать резиносодержащие и полимеросодержащие отходы, нефтешламы и отработанные масла. Как заявляют производители, оборудование обладает повышенной экологичностью – абсолютным минимумом выбросов [3].

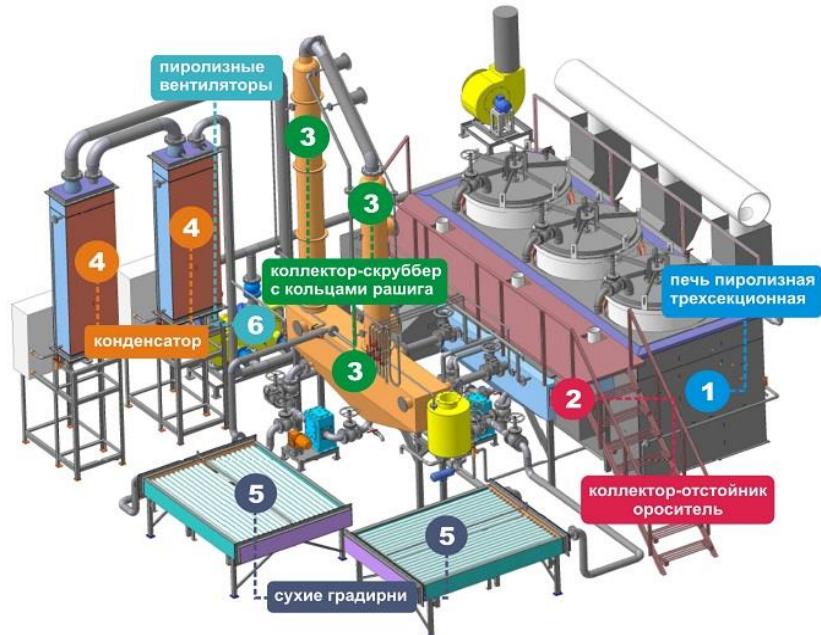


Рис. 1 – Пиролизная установка «Пиротекс»

Для обеспечения круглогодичной работы оборудования требуется 1,8 тыс. тонны изношенных шин. Предварительная подготовка шин позволяет получить из них металлокорд (80 кг из 1 т шин), который имеет в своем составе высококачественную сталь. Таким образом, ежегодно образуется 127,5 т металлокорда. Сдача металлокорда, например, в ООО «Кузбасспромет» по цене 6 653 руб./т позволит получить прибыль 848,5 тыс. руб./год. Пиролизная жидкость может быть реализована по цене 25 руб./л или использована для собственных нужд. Причем, очевидна экономия средств за передачу отрабо-

танных шин, которая составит 2 551 тыс. руб/год. Годовой экономический эффект от применения пиролизной установки приведен в таблице 2.

Таблица 2  
Экономический эффект от применения установки «Пиротекс»

№ п/п	Наименование	Затраты, руб.	Экономия (при- быль) в год, руб.
1	Разовые затраты на покупку установки «Пиротекс» и вспомогательного оборудования	9 890 130	
2	Ежегодные затраты на обслуживание установки (электроэнергия, персонал)	1 458 456	
3	Экономия средств на передачу отработанных шин		2 550 992
4	Сдача металлокорда специализированной организации		848 587,5
5	Реализация пиролизной жидкости		4 650
6	Итого: - разовые - ежегодные	<b>9 890 130</b> <b>1 458 456</b>	<b>3 404 229,5</b>
Чистая ежегодная прибыль предприятия: 1 945 773,5 руб.			

Наибольший интерес из продуктов пиролиза шин на сегодняшний день вызывает углеродосодержащий твердый остаток (УТО). В специализированной литературе имеются рекомендации о возможности использования углеродосодержащего твердого остатка в производстве сорбентов. Как известно, сорбентом может быть любой материал, обладающий высоким содержанием углерода. Однако, судить о его эффективности пока рано. Поэтому для использования углеродосодержащего твердого остатка в той или иной области необходимо знать его физико-химические свойства.

В настоящее время специалистами ООО «СИГД» ведется поэтапная научно-исследовательская деятельность, направленная на получение высокоэффективных углеродистых материалов из твердого остатка пиролиза шин и оценка их качества как сорбентов для очистки карьерных вод.

Результаты первого этапа исследований, представленные в [4], показали, что углеродосодержащий твердый остаток пиролиза шин можно использовать в качестве углеродосодержащего сорбента для очистки карьерных вод от органических веществ. Для улучшения сорбционных показателей материала рекомендовано проведение процессов карбонизации и активации.

Такие сорбенты можно получать непосредственно на промплощадке по утилизации шин, используя печь парогазовой активации барабанного типа «КВАРК-500» (рис. 2). Производительность печи составляет 0,25-2,7 тонны/сутки [3].



Рис. 2 – Печь парогазовой активации «КВАРК-500»

Выход углеродосодержащего сорбента, получаемого с 1 тонны вышедших из употребления шин, составит 0,2 тонны. Таким образом, годовой объем производимого сорбента равен 73 тоннам.

Для дальнейшей оценки экономической эффективности необходимо определить количество сорбента, загружаемого в сорбционные фильтры.

В качестве примера выбраны очистные сооружения с производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч. Как правило, на очистных сооружениях применяется угольный сорбент МИУ-С. Исходя из насыпного веса, равного 700 кг/м<sup>3</sup>, можно определить количество сорбента необходимого для загрузки сорбционных фильтров. Один фильтр рассчитан на пропускную способность 58,8 м<sup>3</sup>/ч, значит, фильтров требуется 7 (6 рабочих, 1 резервный). На 1 фильтр необходимо 7 056 кг сорбента, соответственно на 7 фильтров необходимо 49 392 кг сорбента.

Известно, что стоимость МИУ-С равна 125 руб./кг. Итого, получаем общую стоимость сорбента:  $49\ 392\ \text{кг} \cdot 125\ \text{руб./кг} = 6\ 174\ 000\ \text{руб.}$  Исходя из информации [5], что при регулярных промывках и регенерации фильтров, сорбент прослужит 7 лет, нужно разделить общую стоимость на 7 лет и получим денежные расходы за 1 год, которые составят 882 000 руб.

Исходя из годового объема производимого сорбента на территории предприятия, равного 73 000 кг, и необходимого количества сорбента для загрузки 7 сорбционных фильтров, составляющего 30 135 кг (насыпной вес – 427 кг/м<sup>3</sup>), определяем массу высвободившегося сорбента за год:  $73\ 000\ \text{кг} - 30\ 135\ \text{кг} = 42\ 865\ \text{кг}$ . Условно принимая максимальную розничную цену сорбента 90 руб./кг с минимальным сроком службы 1 год, потенциальная прибыль от реализации высвободившегося сорбента в денежном эквиваленте составит:  $42\ 865\ \text{кг} \cdot 90\ \text{руб./кг} = 3\ 857\ 850\ \text{руб. в год.}$  Годовой экономический

эффект в результате внедрения предлагаемой установки для производства сорбента представлен в таблице 3.

Таблица 3  
Экономический эффект от применения установки «КВАРК-500»

№ п/п	Наименование	Затраты, руб.	Экономия (при- быль) в год, руб.
1	Разовые затраты на покупку печи парогазовой активации с дополнительным оборудованием	13 580 000	
2	Ежегодные затраты на обслуживание установки (реагенты)	449 280	
3	Отказ от применения МИУ-С и заменой опытным сорбентом		882 000
4	Потенциальная прибыль от производства сорбентов		3 857 850
5	Итого: - разовые - ежегодные	<b>13 580 000</b> <b>449 280</b>	<b>882 000</b> <b>3 857 850</b>
Чистая ежегодная прибыль предприятия: 3 408 570 руб.			

При расчете экономического эффекта необходимо учитывать не только прямую прибыль от утилизации шин и получения сорбентов, но и сокращение экологических платежей за счет предотвращения поступления загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты при сбросе карьерных вод. Однако в силу того, что практического применения получаемого сорбента не производилось, выполнить расчет экономического эффекта не представляется возможным.

Одним из основных параметров, позволяющих оценить перспективы инвестиционного проекта в плане будущей доходности, является индекс прибыльности (PI). Расчет данного параметра проведен с помощью онлайн-калькулятора [6]. Индекс прибыльности (PI) составит 1,44. Значение индекса  $PI > 1$  показывает, что данный инвестиционный проект расценивается как перспективный и принимается к дальнейшему рассмотрению и анализу. Срок окупаемости проекта ( $S_o$ ) составит 39 месяцев. Таким образом, доказано, что мини-завод по утилизации шин и получения на их основе углеродных сорбентов является экономически выгодным проектом.

Утилизации шин и получение сорбентов позволит:

- отказаться от передачи вышедших из эксплуатации шин на утилизацию сторонней организации;
- извлечь из шин ценное вторичное сырье (углеродосодержащий твердый остаток, металлокорд, пиролизное масло и газ);

- получить сорбенты, не уступающие и даже превосходящие по сорбционной емкости промышленные дробленые активные угли, применяемые в очистных сооружениях угледобывающих предприятий.

Таким образом, организация мини-завода по утилизации шин и получению сорбентов является перспективным инвестиционным проектом.

### **Список литературы**

1. Переработка вышедших из употребления полимерных изделий в Кузбассе [Электронный ресурс] / О.В. Касьянова, Д.С. Шапранко, А.Н. Митев, М.М. Базанов. – Режим доступа : [http://www.rusnauka.com/18\\_ENXII\\_2015/Chimia/1\\_195443.doc.htm](http://www.rusnauka.com/18_ENXII_2015/Chimia/1_195443.doc.htm). - (Дата обращения: 29.01.2019).
2. Гордийчук, К. Шина замедленного действия [Электронный ресурс] // Кузбасс.- 2017.- 30 мая. – Режим доступа: <http://kuzbass85.ru/2017/05/30/shina-zamedlennogo-deystviya>. – (Дата обращения: 29.01.2019).
3. Официальный сайт компании «Технокомплекс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tkomplex.ru/ru> – (Дата обращения: 29.01.2019).
4. Углеродосодержащие сорбенты из отработанных шин для очистки карьерных вод / Л.В. Рыбак, Г.Ф. Алексеев, С.В. Бурцев и др. // Уголь. - 2018. – № 7. – С. 62-67.
5. Сертификат качества (паспорт) угольного сорбента МИУ-С [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.miu-sorb.ru/sorbent.htm>. – (Дата обращения: 29.01.2019).
6. Онлайн-калькулятор для расчета чистого дисконтированного дохода (NPV) и индекса прибыльности (PI) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kalkulaator.ee/ru/chistyj-diskontirovannyj-doxod-npv>. – (Дата обращения: 29.01.2019).