

УДК 678:504

Е.В. Зимин

ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ПОКРЫШЕК И БЕТОННОГО ЛОМА В ИНТЕРЕСАХ ЭКОЛОГО- ОРИЕНТИРОВАННОГО ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье рассматривается приобретающий особую актуальность в сфере эколого-ориентированного инновационного развития вопрос переработки таких видов отходов, как изношенные автомобильные шины и бетонный лом. В статье проанализированы основные технологические процессы рециклинга автомобильных шин как с точки зрения экологической безопасности, так и с точки зрения достижения максимального экономического эффекта. На основании сравнительного анализа значений экономических показателей, полученных в результате расчетов, сделан вывод о значительном экономическом преимуществе процесса термоллиза, который представляет собой переработку шин путем воздействия органического растворителя. Высокая прибыль, получение высококачественных материалов при переработке автомобильных шин, а также отсутствие отрицательного влияния на экологическую обстановку делают этот метод наиболее приемлемым и перспективным.

Ключевые слова: эколого-ориентированное инновационное развитие, изношенные автомобильные шины, бетонный лом, переработка отходов, экономическая эффективность.

Evgeny Zimin

RECYCLING OF AUTOMOBILE TIRES AND CONCRETE SCRAP IN THE INTERESTS OF ECO-ORIENTED INNOVATION DEVELOPMENT

Annotation. In article the question of processing of such types of waste as worn-out car tires and a concrete crowbar acquiring special relevance in the sphere of the ekologo-focused innovative development is considered. In article the main engineering procedures of a recycling of car tires both from the point of view of ecological safety, and from the point of view of achievement of the maximum economic effect are analysed. On the basis of the comparative analysis of values of the economic indicators received as a result of calculations the conclusion is drawn on considerable economic advantage of process of a termoliz which represents processing of tires by influence of organic solvent. The high profit, receiving high-quality materials when processing car tires, and also lack of negative influence on an ecological situation do this method the most acceptable and perspective.

Keywords: ecologically oriented innovative development, worn car tyres, concrete scrap, waste recycling, economic efficiency.

Научно-технический прогресс на современном этапе характеризуется развитием инновационных процессов во всех сферах жизни. Инновация является инструментом для развития и повышения конкурентоспособности, и в то же время инновация является потенциальным источником эколого-экономических угроз и рисков для окружающей среды, которая может привести к обострению экологических проблем [5]. Поэтому особую актуальность приобретает разработка экологически чистых технологий и оборудования для переработки отходов, организация и обеспечение эколого-

© Зимин Е.В., 2017

Публикация подготовлена в рамках научного проекта РГНФ №15-02-00616 «Разработка механизма эколого-ориентированного технологического развития экономики».

ориентированных инновационных процессов. Наиболее значительный объем отходов приходится на долю изношенных автопокрышек и разрушенных устаревших бетонных конструкций.

Количество изношенных автомобильных шин оценивается в 25 млн т, а их ежегодный прирост составляет около 7 млн т. При этом более 1 млн т приходится на долю России и СНГ. В Московском регионе, по экспертным оценкам, образуется ежегодно около 90 тыс. т изношенных шин. Примерно десятая их часть перерабатывается на Чеховском регенератном и на Тушинском заводах, а остальная – вывозится на несанкционированные свалки и в пригородные леса. Разложение шин в естественных условиях происходит не менее ста лет. Следовательно, в течение века они будут выступать источником загрязнения окружающей среды.

Под действием почвенной влаги и атмосферных осадков происходит вымывание из шин ряда токсичных органических соединений: 1-(3-метилфенил)-этанона, азулена, бензотиазола, 2-метилбензотиазола, N-(2,2-диметилпропил)-N-метилбензамина, бутилированного гидрокситолуола, диэтилфталата (обладает выраженными кумулятивными свойствами), 2-(метилтио)-бензотиазола, дифениламина (класс опасности 3), дибутилфталата, фенантрена (класс опасности 2, обнаружена канцерогенность на мышах), отравляющих почву и загрязняющих поверхностные и подземные грунтовые воды [6].

Следовательно, одним из приоритетным направлений в решении проблемы переработки отходов должно стать внедрение наиболее экологически чистой и экономически эффективной технологии утилизации изношенных автопокрышек. При этом следует отметить, что многие из предлагаемых способов утилизации не реализуемы. Например, предложенный японскими специалистами метод переработки с помощью особых видов микробов, которые, «питаясь» резиной, разлагают ее на углекислый газ и воду. Однако химические добавки и металлокорд, входящие в состав покрышек, не могут быть переработаны микробами. Кроме того, задачей утилизации является не уничтожение шин, а получение из них материалов, обладающих новыми потребительскими свойствами.

Действительно, изношенная шина содержит 65-70 % резины (каучука), 15-25 % технического углерода, 10-15 % металла [7]. Кроме того, переработка автомобильных шин является целесообразной и с экономической точки зрения: добыча природных ресурсов становится все более дорогостоящей, а в ряде случаев – ограниченной.

В настоящее время в мире применяются следующие основные технологии по переработке отходов резины и изношенных автомобильных шин:

- 1) использование изношенных шин и их фрагментов без изменения размеров и структуры;
- 2) сжигание шин с целью получения энергии;
- 3) измельчение (дробление) шин для производства резиновой крошки;
- 4) пиролиз;
- 5) переработка автошин путем растворения в органическом растворителе (термолиз) [3].

Проанализируем, насколько эколого-ориентированным и экономически эффективным является каждый из этих способов утилизации.

1. Использование целых шин и кусков покрышек имеет место для защиты склонов от эрозий, в гидростроительстве, в качестве берегозащитных сооружений, при строительстве дорог с мягким торфяным грунтом, для строительства мостов через малые реки, ручьи и овраги. Такие сооружения долговечны, затраты на их возведение невелики по сравнению с аналогичными железобетонными сооружениями. Однако, с экологической точки зрения, при реализации данных технических решений имеет место контакт покрышек с влагой, происходит загрязнение почвы, а также поверхностных и подземных вод (пресных – в большей мере, соленых – в меньшей) [9].

2. Мировой и отечественный опыт использования автошин в качестве энергоносителей является наиболее распространенным. При этом преобладающим является их сжигание в це-

ментных печах. Следует отметить, что данные способы являются наименее эффективными и перспективными как с экологической, так и с экономической точек зрения. В соответствии с действующими правовыми предписаниями по защите окружающей среды требуется, чтобы установки по сжиганию использованных шин были снабжены дорогостоящим оборудованием, ограничивающим выброс вредных веществ в атмосферу. Очевидно, что вследствие значительных капиталовложений ценность автопокрышек как энергоносителей будет невысока. Кроме того, цена топлива из изношенных шин выше традиционных его видов. Основной же причиной распространенности данного метода утилизации автошин в ряде развитых стран является отсутствие эффективных технологий глубокой переработки [6].

3. Измельчение (дробление) шин для производства резиновой крошки представляет собой довольно эффективный метод их переработки, так как при этом в продуктах переработки максимально сохраняются физические свойства резины. Существующие методы измельчения подразделяют на измельчение при положительных температурах и криогенное измельчение. Применение резиновой крошки в качестве добавки в резиновые смеси, а также в качестве основы изделий строительного и технического назначения сохраняет и реализует ценные свойства полимерных материалов. Кроме того, технология получения крошки является в основном экологически безопасной. Проблема состоит в образовании пыли из-за невозможности полного улавливания тонкоизмельченных отходов текстильного корда.

4. Пиролиз, при котором автопокрышки под влиянием тепла при отсутствии кислорода разделяются на твердые, жидкие и газообразные вещества, не нашел широкого применения. Продукция, полученная в результате переработки шин методом пиролиза (пиролизное масло, сажа и сталь), является низкокачественной, что вызывает трудности ее реализации. В то же время технический углерод, получаемый в процессе пиролиза, может быть переработан в топливные брикеты и другие виды топлива [10]. Кроме того, у этого способа переработки шин есть проблемы и в экологическом плане. При пиролизе (особенно, если он протекает при низких и средних температурах) имеют место температурные колебания и, как следствие, не полностью протекающие реакции. В результате образуются ядовитые вещества – диоксин и фуран, что требует дополнительных капиталовложений на очистку газов.

5. Технология переработки автошин путем растворения в органическом растворителе (термолиз). В основе данного метода лежит способ переработки резиносодержащих и полимерных отходов путем растворения в органическом растворителе (термолиз). При этом конечным результатом является не только уничтожение вредных и практически не разлагающихся отходов, но и получение на конечной стадии процесса переработки высококачественных продуктов. В результате переработки (рециклинга) автопокрышек образуются:

1) бензиновая фракция (компонента) с октановым числом – 100, не содержащая свинец и серу (Pb, S), используемая на предприятиях нефтехимии, а также нефтеперерабатывающих заводах при производстве высокооктанового экологически чистого бензина;

2) мазут (аналог) – тяжелые углеводороды, по своим показателям соответствует ГОСТ 1058-99 (М-40), массовая доля содержания серы – 0,6 %;

3) технический углерод, содержащий 92-99 % чистого углерода, в технологическом процессе направляется на облагораживание, в результате чего получают углерод-углеродные материалы (УУМ) и (или) электропроводный техуглерод.

Предлагаемый процесс гарантирует защиту окружающей среды от выделения любых летучих (токсичных и нетоксичных) соединений.

В таблице приведены экономические показатели, на основании которых можно дать сравнительную характеристику таким методам, как измельчение (дробление) шин, пиролиз и термолиз. Прибыль, полученная от реализации полученной продукции, рассчитывалась по формуле:

$$\Pi = \Pi \cdot K - И \quad (1)$$

где Π – прибыль, полученная в результате реализации материалов, руб.; Π – цена реализации единицы полученного материала, руб./т; K – количество материала, полученного при переработке 1 т автомобильных шин, т; $И$ – издержки производства в пересчете на 1 т переработанных автомобильных шин, руб.

Таблица 1

**Сравнительные экономические показатели технологий
при переработке 1 т автомобильных шин**

Наименование процесса рециклинга и полученных материалов	Количество материала, полученное при переработке 1 т автошин, т	Цена, руб./т	Стоимость реализации, руб.	Издержки производства, руб.	Прибыль при переработке 1 т автошин
I. Измельчение (дробление)					
1. Резиновая крошка	0,7	17000	11900		
2. Мазут, углерод, металлокорд	0,3		781,25		
ВСЕГО:			12681,25	7592	5089,25
I. Измельчение (дробление)					
1. Резиновая крошка	0,7	17000	11900		
2. Мазут, углерод, металлокорд	0,3		781,25		
ВСЕГО:			12681,25	7592	5089,25
II. ПИРОЛИЗ					
1. Мазут	0,4	3000	1200		
2. Углеродосодержащий твердый остаток	0,3	3000	900		
3. Металлокорд	0,1	4000	400		
4. Газ*	0,2				
ВСЕГО:			2500	764	1736,0
III. ТЕРМОЛИЗ					
1. Бензиновая фракция	0,325	13200	4290,0		

Наименование процесса рециклинга и полученных материалов	Количество материала, полученное при переработке 1 т автошин, т	Цена, руб./т	Стоимость реализации, руб.	Издержки производства, руб.	Прибыль при переработке 1 т автошин
2. Мазут	0,175	2063,6	361,13		
3. Технический углерод (УММ) и/или теплопроводный т/у	0,3	88000	26400,0		
4. Металлокорд	0,2	963,6	192,72		
ВСЕГО:			31243,85	10560,0	20683,85

*Выделяющийся газ используется в технологическом процессе пиролиза.

Полученная расчетная прибыль может быть увеличена на величину оплаты, которую получают перерабатывающие предприятия за прием шин на переработку. В различных регионах цена на прием покрышек различна, поэтому в данную таблицу она не включена.

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о значительном экономическом преимуществе процесса термоллиза. Высокая прибыль, получение высококачественных материалов при переработке автошин и отсутствие отрицательного влияния на экологическую обстановку делают этот метод наиболее приемлемым и перспективным в плане утилизации автомобильных покрышек.

Важным условием успешного внедрения технологий по переработке автомобильных шин является участие органов государственной власти. При этом основной задачей федеральных органов власти должно стать создание благоприятного инновационного климата в области утилизации отходов. Региональным органам власти необходимо вменить в обязанность разработку эффективного механизма управления отходами с учетом специфики региона и принятие соответствующих программ [2].

К числу отходов, занимающих значительные площади и оказывающих негативное влияние на окружающую среду, следует отнести и строительные отходы. В связи с реализацией программ реконструкции городской застройки в ряде крупных городов Российской Федерации будет происходить рост объемов бетонного лома. В то же время высокие цены для захоронения строительных отходов на соответствующих специализированных полигонах уже сейчас вызывают появление большого количества несанкционированных свалок. Осколки бетона, смешанные с пропитанным битумом рубероидом, линолеумом на фенольных основах, трехслойными панелями с минеральной ватой, панелями из ДСП и асбоцемента, представляют собой источники загрязнения окружающей среды [1].

В то же время, по предварительным подсчетам, в России можно использовать более 40 млн т бетонного лома и около 1,5 млн т вторичного металла. Бетон, прошедший стадию дробления и очистки от таких материалов, как железо, дерево и стекло, применяется при строительстве на отсыпке временных и малоответственных участков дорог в подстилающий слой. Кроме того, вторичный бетон можно использовать под фундаментное основание, в ландшафтной архитектуре, а также для замены грунта при засыпке. Наиболее дешевым является негабаритный бетонный бой (фракция 0-150 мм), его применяют для сооружения временных объездных дорог, засыпки котлованов, оврагов, ям, канав, болот и водоемов, под асфальтобетонные покрытия дорог всех классов, при устройстве щебеночных оснований под полы и фундаменты зданий, в качестве крупного заполнителя в бетонах прочностью 5-20 МПа при производстве бетонных и железобетонных изделий. Полученный вторичный щебень можно также использовать при устройстве подстилающего слоя подъездных и малонапряженных до-

рог, фундаментов под складские, производственные помещения и небольшие механизмы, устройстве основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов, приготовлении бетона, используемого для устройства покрытия пешеходных дорожек, дорог в сельской местности, заводском производстве бетонных и железобетонных изделий прочностью до 30 МПа [8]. Выполненные исследования доказали, что вторичный щебень из бетонного лома можно рационально использовать в виде крупного заполнителя в железобетонных изделиях, в частности, брусковых перемычках [4].

Существенно улучшает характеристики вторичного щебня повторное дробление бетонного лома [4]. Образующиеся при этом мелкие (менее 5 мм) и пылевидные фракции щебня могут найти применение в качестве заполнителя при производстве самоуплотняющегося бетона [11].

Таким образом, использование таких отходов, как изношенные автомобильные шины и бетонный лом, в качестве вторичного ресурса для производства новых материалов может оказать положительное влияние на окружающую среду и реализовываться в интересах эколого-ориентированного инновационного развития.

Следует отметить, что с точки зрения экономики природопользования применение строительных отходов в производстве стройматериалов должно быть утверждено на государственном уровне как актуальное и перспективное направление. Кроме того, следует законодательно закрепить приоритет утилизации отходов над их размещением, а также установить принцип ответственности производителей за утилизацию своих отходов.

Библиографический список

1. Бедов, А. И. Вопросы утилизации отходов бетонного лома для получения крупного заполнителя в производстве железобетонных изгибаемых элементов / А. И. Бедов, Е. В. Ткач, А. А. Пахратдинов // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2016. – № 7. – С. 91–100.
2. Брюханова, О. Е. Методические основы формирования механизма управления отходами в условиях инновационной экономики (региональный аспект) / О. Е. Брюханова, О. Б. Андреева, Ю. Б. Андрианов // Региональная экономика : теория и практика. – 2008. – № 19(76). – С. 73–77.
3. Валуев, Д. В. Перспективы переработки автомобильных покрышек / О. Р. Ананьева, Д. В. Валуев // Вестник науки Сибири. – 2011. – № 1(1). – С. 699–704.
4. Головин, Н. Г. Проблема утилизации железобетона и поиск эффективных путей ее решения / Н. Г. Головин, Л. А. Алимов, В. В. Воронин // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2011. – № 2-1. – С. 65–71.
5. Киселева, С. П. Теория эколого-ориентированного инновационного развития : дис. ... д-ра экон. наук : 08.00.05 / С. П. Киселева. – М., 2014. – 425 с.
6. Останин, О. А. Проблемы переработки отработанных шин в России / О. А. Останин, Е. В. Останина // Материалы X Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах». – Кемерово : Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, 2013. – С. 289–292.
7. Папин, А. В. Пути утилизации отработанных автошин и анализ возможности использования технического углерода пиролиза отработанных автошин / А. В. Папин, А. Ю. Игнатова, Е. А. Макаревич // Вестник Кузбасского технического государственного университета. – 2015. – № 2(108). – С. 96–100.
8. Романенко, И. И. Вторичное использование в дорожном строительстве щебня, полученного из дробленого бетона / И. И. Романенко, И. Н. Петровнина, Э. М. Пинт [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – № 1(27). – Т. 7. – С. 1–10.
9. Стец, А. А. Экологические и экономические аспекты переработки и использования изношенных автомобильных шин / А. А. Стец, А. М. Чайкун // Химическое машиностроение и инженерная экология. Известия МГТУ «МАМИ». – 2013. – № 1(15). – Т. 4. – С. 34–39.
10. Тарасова, Т. Ф. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин / Т. Ф. Тарасова, Д. И. Чапалда // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 2 – С. 130–135.
11. Шестернин, А. И. Использование бетонного лома для получения заполнителя бетона / А. И. Шестернин, М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина // Молодой ученый. – 2015. – № 12. – С. 353–356.