

УДК 66.022.1

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ И ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА АВТОШИН

### DEVELOPMENT PROCESSES OF PREPARATION AND BALANCE ENNOBLING SOLID CARBONACEOUS PYROLYSIS AUTOTYRES

**Макаревич Евгения Анатольевна**,  
старший преподаватель, e-mail: evgeniyamakarevich@mail.ru  
**Makarevich Evgeniya A.**, Senior Lecturer  
**Папин Андрей Владимирович**,  
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: papinandrey@rambler.ru  
**Papin Andrey V.**, C. Sc., Associate Professor  
**Черкасова Татьяна Григорьевна**,  
доктор хим. наук, профессор, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru  
**Cherkasova Tatiana G.**, Dr. Sc., Professor  
**Игнатова Алла Юрьевна**,  
кандидат биолог. наук, доцент, e-mail: allaignatova@rambler.ru  
**Ignatova Alla Y.**, C. Sc., Associate Professor  
**Неведров Александр Викторович**,  
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: nevedrov1978@rambler.ru  
**Nevedrov Alexander V.**, C. Sc., Associate Professor

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва, 650000, Россия,  
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются пути утилизации изношенных автомобильных шин. Представлены экспериментальные данные по облагораживанию углеродного остатка методами тяжелосреднего обогащения. магнитной и вибросепарацией, масляной агломерацией, термической переработкой.

**Abstract:** This article explores the way recycling of used tires. Experimental data for improving the carbon balance Heavy-media methods of enrichment. magnetic and vibroseparatsiey, oil agglomeration, thermal processing.

**Ключевые слова:** Утилизация шин, переработка, пиролиз, углеродный остаток, облагораживание, обогащение, масляная агломерация.

**Keywords:** Recycling of tires, recycling, pyrolysis, carbon residue, upgrading, refining, oil agglomeration.

При производстве и эксплуатации различных видов резиновых изделий в большом количестве образуются резиносодержащие отходы. Основную массу этих отходов составляют автомобильные шины. Объемы образующихся и накопленных отработанных автошин достигают огромных размеров по всему миру. В России количество автотранспорта ежегодно увеличивается, соответственно количество изношенных автошин растет.

Шины, вышедшие из эксплуатации, представляют собой загрязнитель окружающей среды. Вместе с тем, изношенные автомобильные шины являются источником ценного вторичного сырья, такого как резина, технический углерод, металлический корд. Обеспечение извлечения и дальнейшего использования составных компонентов ши-

ны позволит значительно снизить потребление некоторых дефицитных природных ресурсов.

Переработку автомобильных покрышек можно условно разбить на три категории: измельчение, пиролиз (высоко- и низкотемпературный), разложение при помощи химических растворителей.

Одним из направлений переработки изношенных шин является регенерация, направленная на производство заменителя части нового каучука, используемого при производстве резинотехнических изделий. Однако количество изношенных шин, применяемых для производства регенерата, не превышает 20 % от их общего количества [1-15].

В ряде стран из изношенных автомобильных

шин получают резиновую крошку, которую используют в резиноасфальтовых смесях для дорожного строительства, для частичной замены битума, для производства строительных и технических материалов и изделий, а также в качестве компонента полимерных смесей. Во многих странах перспективным решением проблемы считается сжигание шин для получения тепла и энергии, а также в качестве топлива в цементной промышленности. Таким путем можно добиться существенного сокращения объемов изношенных шин [16-22].

Однако, в итоге, сжигание оказалось не выгодно ни с экологической, ни с экономической точек зрения. Альтернативой сжиганию является пиролиз изношенных шин. При пиролизе сырье в реакторе подвергается разложению при темпера-

Оставшаяся часть газа выбрасывается или на горелку.

Углеродсодержащий твердый остаток после гашения и охлаждения подвергают магнитной сепарации или просеивают через сито, при этом отделяют металлокорд. Жидкое топливо и металлокорд отправляют на склад для дальнейшей отгрузки потребителю.

Жидкие продукты, состоящие из смеси бензина, дизельного топлива и мазута покупаются котельными. Низкокачественный углерод зачастую не может найти своего применения и складывается на промплощадке предприятия.

Наибольший интерес у промышленников и исследователей вызывает возможность использования твердого углеродного остатка пиролиза автошин в разных сферах хозяйственной деятельно-



Рис. 1. Твердый углеродный остаток пиролиза автошин  
Fig. 1. The solid carbon residue tire pyrolysis

туре примерно 450 °С, в итоге получают продукты: газ, жидкотопливная фракция, углеродсодержащий остаток и металлокорд. Преимуществом пиролиза является его экологическая безопасность, в следствии протекания процесса в отсутствие атмосферного воздуха, в результате чего, в пиролизных газах не содержатся такие токсичные соединения, как диоксид серы, оксиды азота и оксид углерода [23-26]. При пиролизе образуется твердый углеродный остаток, в виде кусков и частиц широкого фракционного состава. Данный остаток представляет интерес в качестве вторичного сырья в отдельных отраслях химической промышленности (рис.1.).

Газ частично возвращается в топку реактора для поддержания температуры процесса пиролиза.

Однако, существует ряд трудностей применения, вызванные непостоянством состава продуктов пиролиза, низкого качества продуктов (высокая зольность и сернистость) малой изученности процессов воздействия на продукты пиролиза с целью повышения их качественных характеристик. Актуальность данных исследований имеет высокую значимость.

Технический углерод имеет зольность до 20 % мас., из-за присадок в резине, весьма токсичен из-за нарушений технологического режима и отсутствия протекания реакций ароматизации и полициклизации с отщеплением газообразных продуктов, которые интенсифицируются при температуре выше 550 °С. Он не годится ни как сорбент, ни в электродную промышленность, ни как топливо.

Таблица 1. Технический анализ углеродного остатка пиролиза изношенных автошин  
 Table 1. Technical analysis of carbon residue of pyrolysis of worn tires

Объект испытания	Определяемый компонент	Содержание компонента
Твердый углеродный остаток пиролиза автошин	Зольность: $A^d$ , % мас.	8,9 – 20,40%
	Выход летучих веществ $V^{daf}$ , % мас.	7,50 - 16,55%
	Влага аналитическая $W_a$ , % мас.	0,65 -1,35%
	Содержание серы, % мас.	0,50 – 2,00
	Теплота сгорания $Q_s^r$ , ккал/кг	5500 - 6000

Таким образом, возникает необходимость обогащения углеродного остатка с учетом его физико-химических свойств и закономерностей протекания процессов переработки.

Предлагается проводить обогащение твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин следующими методами: магнитная сепарация, гравитационное обогащение и обогащение методом масляной агломерации.

В качестве объекта исследования был взят твердый углеродсодержащий остаток пиролиза автошин компании ООО «Экошина» (г. Кемерово).

Первоначальным этапом, было проведение технического анализа углеродного остатка, полученные данные представлены в табл. 1. В результате анализа выяснено, что углеродный остаток имеет высокие значения зольности и выхода летучих веществ.

Так же был проведен фракционный анализ твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин (табл. 2).

Таблица 2. Фракционный анализ ТУ из автошин  
 Table 2. Fractional analysis specifications of tires

Класс крупности	Масса, г	% мас.
>10,0	50	50
7,0-10,0	11,5	11,5
5,6-7,0	6,7	6,7
3,0-5,6	4,3	4,3
2,5-3,0	3,4	3,4
2,0-2,5	4,3	4,3
1,5-2,0	7,5	7,5
1,2-1,5	2,3	2,3
1,0-1,2	5,5	5,5
0,8-1,0	0,2534	0,2534
0,315-0,8	2,5	2,5
0,190-0,8	1,4434	1,4434
0,09-0,190	0,0623	0,0623
≤0,09	0,2425	0,2425
итого	100	100

**Облагораживание углеродного остатка методом магнитной и вибросепарацией.**

После измельчения кусков углеродного остатка до крупности менее 1 мм, были замечены частицы металлокорда, которые отделяли методом

магнитной сепарации. Данным методом удалось выделить до 5% мас. магнитных включений. Однако, при внешнем осмотре, визуально, были замечены остатки металлокорда не обладающими магнитными свойствами. С целью их выделения был применен метод вибросепарации. Металлические включения имели больший вес по сравнению с органической частью и легко отделились на вибросепараторе. Выход немагнитных остатком металлокорда составил до 1% мас.

**Облагораживание углеродного остатка методом тяжелосреднего обогащения.**

Мокрое обогащение в тяжелых жидкостях и суспензиях основано на различиях в плотностях разделяющей среды, выделяемого полезного продукта (концентрата) и отходов. Гравитационные процессы обогащения отличаются высокой производительностью обогатительных аппаратов, простотой производственного комплекса, относительной дешевизной и высокой эффективностью разделения минеральных смесей.

Твердый углеродсодержащий остаток пиролиза автошин был обогащен на экспериментальной установке (рис. 2), по своей работе, основанной на методе тяжелосреднего обогащения. При этом протекают процессы разделения органической составляющей углеродного остатка пиролиза автошин и минеральных частиц, отличающихся плотностью.

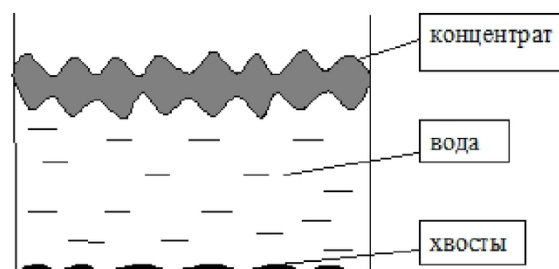


Рис. 2. Установка для облагораживания твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин методом тяжелосреднего обогащения  
 Fig. 2. Apparatus for upgrading a solid carbonaceous residue by pyrolysis of tires Heavy-media concentration

Были проведены эксперименты по обогащению твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин различных классов крупности: >

0,315; 0,315±0,8; 1,0±>1,2. Для максимального извлечения органической составляющей оптимальной является фракция 0,315±0,8, поэтому она была взята для исследования. В качестве тяжелой среды применяли воду ( $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$ ). Экспериментальные данные по обогащению углеродного остатка методом тяжелосредного обогащения представлены в табл.4.

Обогащенный, с помощью этого метода, твердый углеродсодержащий остаток имел снижение показателей зольности ( $A^d$ ), хороший выход концентрата (более 80 мас.%).

Полученные результаты показали высокую селективность процесса тяжелосредного обогащения и возможность получения низкзолного концентрата. Из данных, представленных в таблице 4, видна эффективность применения данного способа обогащения, путем получения низкзолных концентратов.

**Облагораживание углеродного остатка методом масляной агломерации.**

Альтернативным методом облагораживания может являться процесс обогащения по методу масляной агломерации. Суть метода заключается в выборочной агрегации углеродсодержащих гид-

рофобных частиц в гидросмеси аполярным углеводородным связывающим (маслом) в относительно крепкие углемасляные агрегаты (агломераты, гранулы).

Твердый углеродсодержащий остаток пиролиза автошин был обогащен на экспериментальной установке (рис.3.), по своей работе, основанной на методе масляной агломерации, для получения глубоко обогащенных угольных концентратов [27].

Расход связующего был определен потребностью для формирования агломерированного концентрата с минимально возможной зольностью, он составил 10% от массы твердого остатка. Были проведены эксперименты по обогащению твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин различных классов крупности: > 0,315; 0,315±0,8; 1,0±>1,2. Для максимального извлечения органической составляющей оптимальной является фракция 0,315±0,8. В качестве реагента-собираателя использовались жидкая фракция пиролиза автошин, поглотительное масло и газойль.

В табл.3. приведены данные экспериментов по обогащению твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин с различными реагентами

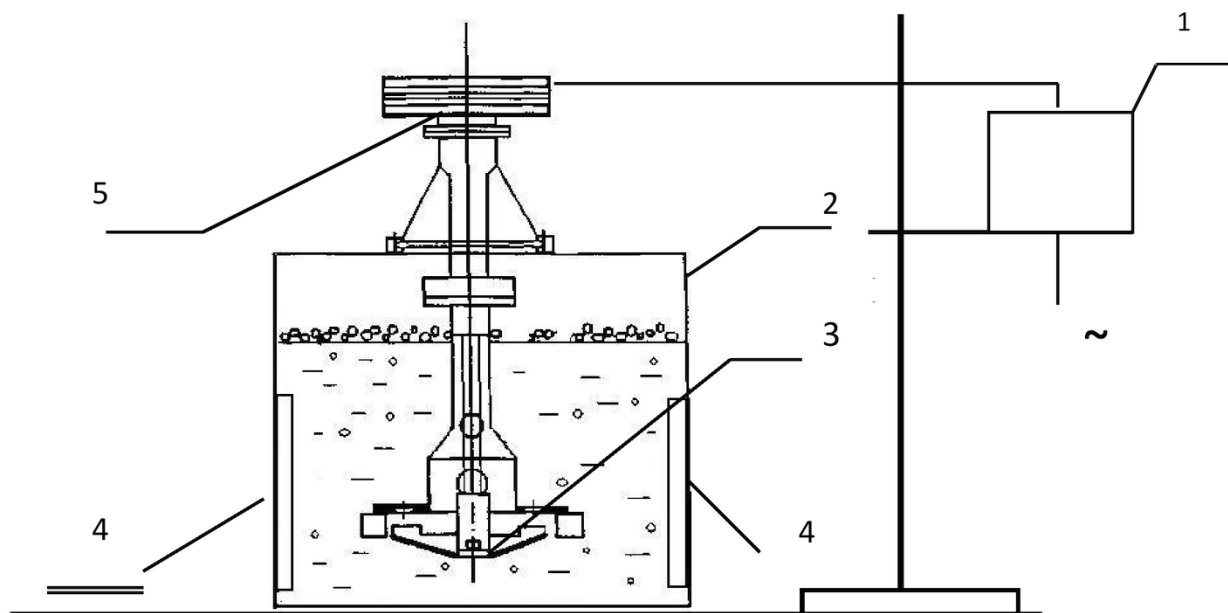


Рис. 3. Принципиальная схема установки обогащения методом масляной агломерации: 1 – пульт управления; 2 – емкость; 3 – мешалка; 4 – преградители для разрушения воронки; 5 – двигатель  
 Fig. 3. Schematic diagram of the installation of enrichment by oil agglomeration: 1 - control panel; 2 - capacity; 3 - stirrer; 4 - pregraditel for the destruction of the funnel; 5 - Engine

.Таблица 3. Экспериментальные данные по обогащению углеродсодержащего остатка различными реагентами

Table 3. Experimental data enrichment reagents various carbonaceous residue

Название реагента	$A^d$ , %	$W^a$ , %	$V^{daf}$ , %	$Q_s^r$ , ккал/кг
Жидкие продукты пиролиза автошин	7,2-9,2	14,5-21,0	12,8 -16,5	6150-6600
Поглотительное масло	10,0-14,0	12,5-22,0	12,5-13,0	6050-6250

Таблица 4. Экспериментальные данные по обогащению углеродного остатка методом тяжелосреднего обогащения и масляной агломерации  
 Table 4. Experimental data on the enrichment of carbon residue by Heavy-media beneficiation and agglomeration of oil

Наименование показателя	Тяжелосреднее обогащение	Масляная агломерация
Зольность: $A^d$ , % мас.	5,0-9,3	7,2-9,2
Выход летучих веществ $V^{daf}$ , % мас.	12,0-15,5	12,8 -16,5
Влага аналитическая $W_a$ , % мас.	0,6	21,7
Содержание серы, % мас.	до 0,5	до 0,5
Теплота сгорания $Q_s^f$ , ккал/кг	6000-6200	6150-6600

Газойль	11,5-14,5	16,2-21,5	12,2-13,5	6300-6650
---------	-----------	-----------	-----------	-----------

Обогащенный, с помощью этого реагента, твердый углеродсодержащий остаток имел наименьшую по сравнению с другими реагентами зольность ( $A^d$ ), хороший выход концентрата (82-84 мас. %), более высокий выход летучих веществ ( $V^{daf}$ ) и теплоты сгорания ( $Q_b^d$ ).

Полученные результаты обогащения методами масляной агломерации и тяжелосреднего обо-

гащения показали высокую селективность процессов и возможность получения низкозольного концентрата.

Сравнивая результаты технического анализа концентратов, полученных при обогащении этими методами углеродсодержащего остатка (табл. 4), предпочтение отдается тяжелосреднему, так как технологически оно проще в исполнении и эконо-



Рис. 4. Облагороженный термической переработкой углеродный остаток пиролиза автошин

Fig. 4. Refined thermal processing of carbon residue tire pyrolysis

Таблица 5. Данные технического анализа облагороженного термической переработкой углеродного остатка пиролиза автошин

Table 5. These technical analysis ennobled thermal processing of carbon residue tire pyrolysis

Объект испытания	Определяемый компонент	Содержание компонента
Облагороженный концентрат твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин	Зольность : $A^d$ , % мас.	6,5-10,0
	Выход летучих веществ $V^{daf}$ , % мас.	0,27 – 0,38
	Влага аналитическая $W_a$ , % мас.	0,20 – 0,26
	Содержание серы, % мас.	0,25-0,5
	Теплота сгорания $Q_s^f$ , ккал/кг	6250-6850

мически более рентабельно, в среднем в 2,5 раза. Кроме того, частицы концентратов, полученные методом масляной агломерации омасляны, и при контакте друг с другом слипаются, что затрудняет применение концентрата из технического углерода для технологии получения адсорбентов.

#### **Облагораживание углеродного остатка пиролиза автошин термической переработкой.**

Термическая деструкция макромолекул твердых горючих ископаемых в принципе протекает аналогично термодеструкции высокомолекулярных соединений. Существенным отличием является тот факт, что деструкция твердых горючих ископаемых осложнена нерегулярностью и неоднородностью их структуры.

При температурах выше 550 °С в процессе термодеструкции реакции циклизации ароматизации интенсифицируются. Вместе с тем в результате взаимодействия образующихся продуктов формируются высокомолекулярные полициклические системы сетчатого строения.

Дальнейшее повышение температуры нагревания сопровождается протеканием реакций ароматизации и полициклизации с отщеплением газообразных продуктов, преимущественно водорода, и в меньшем количестве метана, оксида углерода, азота. Содержание углерода в твердом остатке термической деструкции увеличивается. При температуре 700-800 °С, происходит наибо-

лее интенсивное газовыделение, упорядочение структуры, увеличиваются число и размеры кристаллитных графитоподобных систем, наблюдаетсясадка и уплотнение структуры [28].

Эти же процессы протекают и при термической переработке твердого углеродсодержащего остатка, превращая его в качественное сырье для получения бездымного топлива и сорбентов.

Облагораживание твердого углеродсодержащего остатка пиролиза автошин проводили прокаливанием. Для этого установили в муфельной печи температуру 800±25°С. Рассчитали потерю массы при прокаливании, она составила 18,14 – 25,07 %.

При прокаливании улучшилось качество углеродсодержащего остатка пиролиза автошин. Исчез резкий токсичный запах, очистились поры и стали видны невооруженным глазом цилиндрические макроотверстия, что открывает перспективы использования полученного облагороженного углеродного остатка в качестве адсорбента.

Облагороженный термической переработкой твердый углеродсодержащий остаток имел более низкий выход летучих веществ (табл. 5) и более высокую пористость. Это позволяет его использовать в качестве адсорбента, сырья для получения бездымного топлива, восстановителя металлов и т.д.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваницкий, М. А. Перспективный процесс переработки использованных автомобильных шин / М. А. Иваницкий, Э. М. Соколов, Н. И. Володин, Н. М. Качурин // Экология и промышленность России. - 1997. - № 10. - С. 9-12.
2. Сазонов, В. А. Технология производства активного угля из резиновой крошки изношенных автомобильных шин / В. А. Сазонов, В. Ф. Олонцев, Е. А. Сазонова // Экология и промышленность России. ЭКиП. - 2011. - Июнь. - С. 4-5.
3. Пат. 2142357 Российская Федерация, МКИ В 29 В 17/00. Способ переработки изношенных шин.
4. Волюнкина, Е.П. Утилизация отработанных автомобильных покрышек / Е. П. Волюнкина, А. Ю. Кудашкина, В. Ф. Охотников, Е. В. Нряничников // Экология и промышленность России. 1999. J 5. 16-19.
5. Горовец, В.Г. Утилизация шин. Проблема и ее аспекты / В. Г. Горовец // Автотранспортное предприятие, 2005. - № 4. - 40-45.
6. Лавров, М. Н. Изношенные автомобильные шины как топливо / М. Н. Лавров // Энергетика и промышленность России. – 2003. - №2. - 30-37.
7. Максимов, А. М. Создание системы сбора, переработки и утилизации изношенных шин и других резинотехнических изделий в Российской Федерации Текст. / А. М. Максимов // Автотранспортное предприятие. - 2003. -№12. - С. 39-41.
8. Мошев, В.В. Моделирование макроскопического трещинообразования в дисперснонаполненных эластомерах / В. В. Мошев, Л. А. Голотина // Междун. Конф. По каучуку и резине «Rubber-94» Препринт. М., 1994. -ТА-С. 450-452.
9. Никольский, В.Г. Современные технологические линии переработки изношенных автопокрышек / В. Г. Никольский, Л. В. Внукова, А. Ф. Вольфсон, Т. В. Дударева, И. А. Красоткина // Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН. ([http://www.recyclers.ru/modules/wfsection/article .php?page=1&articleid=20](http://www.recyclers.ru/modules/wfsection/article.php?page=1&articleid=20)).
10. Петров Р.М. Переработка шин / Р. М. Петров // Энергия. 2002. - N 1. - 42-44.
11. Разгон Д.Р. Вторичное использование и переработка изношенных шин. (<http://www.recyclers.ru/modules/wfsection/article.php?page=1& articleid=26>).
12. Рашевский, Н.Д. Переработка изношенных автомобильных шин с металлокордом / Рашевский Н.Д. и др. // Экология и промышленность России. 2000. 12. 17-23.

13. Сапронов, В.А. Экономическое и экологическое значение проблемы переработки изношенных шин / В. А. Сапронов // Сб. «Переработка изношенных шин». М., ЦПМТЭНЕФТЕХИМ, 1992.
14. Кураков, П. А. К вопросу о выборе способа переработки автомобильной резины Текст. / П. А. Кураков, М. М. Макаров, Ю. В. Родионов // Автотранспортное предприятие. — 2008. № 12. — С. 25 - 27.
15. Пат. 2144462 Российская Федерация, МПК 7 В29В 17/00. Способ утилизации шин большегрузных автомобилей Текст. / А. М. Иванов, С.А.Потапов (Российская Федерация). №98114723/12; Заявл. 17.07.98; Опубл. 20.01.00, Бюл. №2. - 5 с.
16. Комплексная вторичная переработка изношенных шин / Ю. А. Анцунов, А. Б. Голованчиков, А. Г. Жирнов, В. А. Лукасик // 10-ый Юбил. Симп. Проблемы шин и резинокордных композитов: тез. докл. 18-22 октября 1999. - М. : 1999. - С. 15 - 1
17. Блинков, Е. Л. Криотехнология переработки покрышек и безкамерных шин Текст. / Е. Л. Блинков, А. Г. Ляпин // Экологические системы и приборы. 1999. - №5. - С. 20-22.
18. Пат. 2111117 Российская Федерация, МПК 6 В29В 17/02. Способ переработки изношенных резиновых изделий, армированных металлокордом Текст. / И. В. Скиданов (Российская Федерация). - №96108498; Заявл. 30.04. 96; Опубл. 20.05.98, Бюл. №14. 4 с
19. Пат. 5524838 США, МПК 6 В02С 18/06. Способ и устройство для переработки покрышек Текст. / Eilers H. John, Masson Milton M. (США)- №319670; Заявл. 07.10.94; Опубл. 11.06.98. 5 с.
20. Пат. 19524767 Германия, МПК 6 В29В 9/02. Способ и установка для переработки изношенных шин Текст. / Bienick Eduard (Германия). № 19524767; Заявл. 07.07.95; Опубл. 09.01.97, Бюл. №30. - 3 с.
21. Пат. 2140357 Российская Федерация, МПК 6 В29В 17/00. Линия переработки изношенных покрышек шин Текст. / С. Г. Арутюнов, Ю. П. Басе, А. А. Вольнов, В. Н. Дзегиленко, А. Б. Нейланд,
22. Лавров С. Н. Изношенные автомобильные шины как топливо / С. Н. Лавров // Энергетика и промышленность России. - 2003. - №2. - С. 30-34.
23. Изношенные автомобильные покрышки как вторичный ресурс Электронный ресурс. URL: <http://www.energobaza.ru>.
24. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путем использования отходов автотранспортного комплекса / П. А. Кураков [и др.] // Экология урбанизированных территорий. 2008. -№4. - С. 86 - 90.
25. Получение и использование товарного продукта из отработанных автомобильных шин Электронный ресурс. - <http://www.uralmetcom.ru>
26. Разработка концепции новой энергосберегающей технологии переработки изношенных автомобильных покрышек Текст. / П. А. Кураков [и др.] // Международный технико-экономический журнал. - 2009. - №5. - С. 42-52.
27. Папин, А. В. Разработка технологического процесса утилизации угольных шламов Кузнецкого бассейна в виде высококонцентрированных водоугольных суспензий: Дис. канд. техн. наук: 05.17.08: Томск, 2004 138 с. РГБ ОД, 61:04-5/2834
28. Макаров, Г.Н. Химическая технология горючих ископаемых.Текст. / Г.Н. Макаров // Учеб. для ВУЗов. – М.: Химия 1986. – 496 с.

## REFERENCES

1. Ivanickij, M. A. Perspektivnyj process pererabotki ispol'zovannyh avtomobil'nyh shin / M. A. Ivanickij, E. M. Sokolov, N. I. Volodin, N. M. Kachurin // `Ekologiya i promyshlennost' Rossii. - 1997. - № 10. - S. 9-12.
2. Sazonov, V. A. Tehnologiya proizvodstva aktivnogo uglja izrezinovoj kroschki iznoshennyh avtomobil'nyh shin / V. A. Sazonov, V. F. Oloncev, E. A. Sazonova // `Ekologiya i promyshlennost' Rossii. `EKiP. - 2011. - Iyun'. - S. 4-5.
3. Pat. 2142357 Rossijskaya Federaciya, MKI B 29 B 17/00. Sposob pererabotki iznoshennyh shin.
4. Volynkina, E.P. Utilizaciya otrabotannyh avtomobil'nyh pokryshek / E. P. Volynkina, A. Yu. Kudashkina, V. F. Ohotnikov, E. V. Nryanichnikov // `Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 1999. J 5. 16-19.
5. Gorovec, V.G. Utilizaciya shin. Problema i ee aspekty / V. G. Gorovec // Avtotransportnoe predpriyatie, 2005. - № 4. - 40-45.
6. Lavrov, M. N. Iznoshennye avtomobil'nye shiny kak toplivo / M. N. Lavrov // `Energetika i promyshlennost' Rossii. - 2003. - №2. - 30-37.
7. Maksimov, A. M. Sozdanie sistemy sbora, pererabotki i utilizacii iznoshennyh shin i drugih rezinotekhnicheskikh izdelij v Rossijskoj Federacii Текст. / A. M. Maksimov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2003. -№12. - S. 39-41.
8. Moshev, V.V. Modelirovanie makroskopicheskogo treschinoobrazovaniya v dispersnonapolnennyh `elastomerah / V. V. Moshev, L. A. Golotina // Mezhdun. Konf. Po kauchuku i rezine «Rubber-94» Preprint. M., 1994. -TA-S. 450-452.
9. Nikol'skij, V.G. Sovremennye tehnologicheskie linii pererabotki iznoshennyh avtopokryshek / V. G. Ni-

kol'skij, L. V. Vnukova, A. F. Vol'fson, T. V. Dudareva, I. A. Krasotkina // Institut himicheskoy fiziki im. N. N. Semanova RAN. ([http://www.revcclers.ru/modules/wfsection/article .php ?page=l&articleid =20](http://www.revcclers.ru/modules/wfsection/article.php?page=l&articleid=20)).

10. Petrov R.M. Pererabotka shin / R. M. Petrov // `Energiya. 2002. - N 1. - 42-44.

11. Razgon D.R. Vtorichnoe ispol'zovanie i pererabotka iznoshennyh shin. (<http://www.revcclers.ru/modules/wfsection/article.php?page=l& articleid=26>).

12. Rashevskij, N.D. Pererabotka iznoshennyh avtomobil'nyh shin s metalokordom / Rashevskij N.D. i dr. // `Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2000. 12. 17-23.

13. Sapronov, V.A. `Ekonomicheskoe i `ekologicheskoe znachenie problemy pererabotki iznoshennyh shin / V. A. Sapronov // Sb. «Pererabotka iznoshennyh shin». M., SchPMT`ENEFTEHIM, 1992.

14. Kurakov, P. A. K voprosu o vybore sposoba pererabotki avtomobil'noj reziny Tekst. / P. A. Kurakov, M. M. Makarov, Yu. V. Rodionov // Avtotransportnoe predpriyatie. - 2008. № 12. - S. 25 - 27.

15. Pat. 2144462 Rossijskaya Federaciya, MPK 7 V29V 17/00. Sposob utilizacii shin bol'shegruznyh avtomobilej Tekst. / A. M. Ivanov, S.A.Potapov (Rossijskaya Federaciya). №98114723/12; Zayavl. 17.07.98; Opubl. 20.01.00, Byul. №2. - 5 s.

16. Kompleksnaya vtorichnaya pererabotka iznoshennyh shin / Yu. A. Ancunov, A. B. Golovanchikov, A. G. Zhirnov, V. A. Lukasik // 10-yj Yubil. Simp. Problemy shin i rezinokordnyh kompozitov: tez. dokl. 18-22 oktyabrya 1999. - M. : 1999. - S. 15 - 1

17. Blinkov, E. L. Kriotehnologiya pererabotki pokryshek i bezkamernykh shin Tekst. / E. L. Blinkov, A. G. Lyapin // `Ekologicheskie sistemy i pribory. 1999. - №5. - S. 20-22.

18. Pat. 2111117 Rossijskaya Federaciya, MPK 6 V29V 17/02. Sposob pererabotki iznoshennyh rezinovykh izdelij, armirovannykh metalokordom Tekst. / I. V. Skidanov (Rossijskaya Federaciya). - №96108498; Zayavl. 30.04.96; Opubl. 20.05.98, Byul. №14. 4 s

19. Pat. 5524838 SShA, MPK 6 V02S 18/06. Sposob i ustrojstvo dlya pererabotki pokryshek Tekst. / Ellers N. John, Masson Milton M. (SShA) - №319670; Zayavl. 07.10.94; Opubl. 11.06.98. 5 s.

20. Pat. 19524767 Germaniya, MPK 6 V29V 9/02. Sposob i ustanovka dlya pererabotki iznoshennyh shin Tekst. / Bienick Eduard (Germaniya). № 19524767; Zayavl. 07.07.95; Opubl. 09.01.97, Byul. №30. - 3 s.

21. Pat. 2140357 Rossijskaya Federaciya, MPK 6 V29V 17/00. Liniya pererabotki iznoshennyh pokryshek shin Tekst. / S. G. Arutyunov, Yu. P. Base, A. A. Vol'nov, V. N. Dzegilenko, A. B. Nejland,

22. Lavrov S. N. Iznoshennyye avtomobil'nye shiny kak toplivo / S. N. Lavrov // `Energetika i promyshlennost' Rossii. - 2003. - №2. - S. 30-34.

23. Iznoshennyye avtomobil'nye pokryshki kak vtorichnyj resurs `Elektronnyj resurs. URL: <http://www.energobaza.ru>.

24. Snizhenie tehnogennoj nagruzki na okruzhayushchuyu sredu putem ispol'zovaniya othodov avtotransportnogo kompleksa / P. A. Kurakov [i dr.] // `Ekologiya urbanizirovannykh territorij. 2008. -№4. - S. 86 - 90.

25. Poluchenie i ispol'zovanie tovarnogo produkta iz otrabotannykh avtomobil'nyh shin `Elektronnyj resurs. - <http://www.uralmetcom.ru>

26. Razrabotka koncepcii novoj `energoberegayuschej tehnologii pererabotki iznoshennyh avtomobil'nyh pokryshek Tekst. / P. A. Kurakov [i dr.] // Mezhdunarodnyj tehniko-`ekonomicheskij zhurnal. - 2009. - №5. - S. 42-52.

27. Papin, A. V. Razrabotka tehnologicheskogo processa utilizacii ugol'nyh shlamov Kuzneckogo bassejna v vide vysokokoncentrirrovannykh vodougol'nyh suspensij: Dis. kand. tehn. nauk: 05.17.08: Tomsk, 2004 138 s. RGB OD, 61:04-5/2834

28. Makarov, G.N. Himicheskaya tehnologiya goryuchih iskopaemykh. Tekst. / G.N. Makarov // Ucheb. dlya VUZov. - M.: Himiya 1986. - 496 s.

Поступило в редакцию 10.03.2017  
Received 10.03.2017