

DOI 10.15593/24111678/2016.01.03

УДК 608.2

**Р.Н. Курмаев, И.С. Глушанкова, Я.И. Вайсман**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия

## **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Представлен анализ проблемы утилизации отработанных масел, образующихся на крупных промышленных предприятиях. На сегодняшний день в нашей стране собирается не более 12 % отработанных масел, которые частично регенерируют либо просто сжигают. Оставшееся количество поступает в окружающую среду, оказывая негативное воздействие на ее объекты.

Рассмотрены основные свойства масел, приведена их классификация, условия формирования отхода, на примере крупного калийного предприятия Пермского края. Проанализированы основные способы переработки и утилизации отработанных масел различными методами: механическими (отстой, сепарация, фильтрация, отгон горючего, промывка водой), химическими (обработка кислотами или щелочами), физико-химическими (коагуляция, сорбция, ионный обмен) и термическими (пиролиз и сжигание). Показано, что для крупных предприятий наиболее целесообразно применять методы термической утилизации отработанных масел, основанные на низкотемпературном пиролизе отхода. В результате переработки возможно получение жидкого топлива и технического углерода, которые могут быть вторично использованы на предприятии. Разработана технологическая схема переработки отработанных масел, включающая их смешение с маслосмектистыми отходами (ветошь, пиролизат), пиролиз, выделение жидкой фракции, очистку жидкой топливной фракции методом ректификации, сжигание и вторичное использование газобразной фракции пиролизных газов для поддержания необходимой температуры в печи пиролиза. Применение метода низкотемпературного пиролиза позволяет максимально полно использовать ресурсный и энергетический потенциал отхода.

**Ключевые слова:** утилизация, отработанные масла, предприятие, сырье, методы переработки.

**R.N. Kurmaev, I.S. Glushankova, Ia.I. Vaisman**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## **CHOOSING OF RECYCLING METHOD OF OIL WASTE AT LARGE PLANTS**

The problem analysis of disposing of waste oils produced in large industrial enterprises. To date, about 12 % of waste oils going up in our country, which is partially regenerated or just burned. The remaining amount comes to the environment and have an negative impact its.

The basic properties of the oils, their classification, the conditions of formation of waste was examined in terms of the large potash plant in Perm region.

The basic methods of processing and recycling of waste oils in different ways are presented: mechanical (sludge, separation, filtration, distilled fuel, rinse with water.), chemical (processing acids or alkalis), physicochemical (coagulation, sorption, ionic exchange) and thermal (pyrolysis and combustion). It is shown that for large enterprises to use the most appropriate methods for thermal recycling of

waste oils, based on the low-temperature pyrolysis of waste. As a result, recycling is possible to obtain a liquid fuel and carbon black, which can be reused in the enterprise. The technological scheme of processing of waste oils including mixing them with oil of waste absorption (rags, pyrolysate), pyrolysis, separation of the liquid fraction, clean liquid fuel fractions by distillation, incineration and recycling the gaseous fraction of the pyrolysis gases to maintain the required temperature in the pyrolysis furnace. Applying of low-temperature pyrolysis method allows to use of maximum of the resource and the energy waste potential.

**Keywords:** recycling, oil waste, plant, raw material, methods of processing.

В настоящее время одной из трудно решаемых экологических и технологических проблем является утилизация и переработка отработанных индустриальных и моторных масел (ОМ). Годовое потребление масел во всем мире к концу 2015 г. составило около 45 млн т, что связано с увеличением производственных мощностей, выпуском нового оборудования, появлением новых марок масел [1].

На сегодняшний день в нашей стране собирается не более 12 % отработанных масел, которые частично регенерируют либо просто сжигают. Оставшееся количество незаконно сливается в водоемы и в почву, что оказывает значительное негативное воздействие на объекты окружающей среды.

Масла производятся путем вакуумной перегонки нефти и для получения 1 л моторного масла необходим 1 баррель нефти (159 л). Таким образом, производимые масла являются самым ценным продуктом перегонки нефти, поэтому, с целью рационального использования природных ресурсов, должны применяться как вторичный материальный продукт.

Основой масел являются очищенные масляные фракции нефти. Далее к базовому маслу добавляют различные присадки, придающие ему необходимые свойства или значительно улучшающие его природные качества (табл. 1) [2].

Масла классифицируются на смазочные и несмазочные. Смазочные масла по назначению делятся на моторные для двигателей внутреннего сгорания, авиационные, автотракторные (автолы) и дизельные индустриальные – для смазки станков, электродвигателей и других производственных и энергосиловых машин, приборные, трансмиссионные и осевые, цилиндрические для поршневых паровых машин, турбинные, компрессорные.

Несмазочные масла используются для технологических целей и при эксплуатации механизмов: электроизоляционные – трансформаторные, конденсаторные, кабельные, для гидравлических систем, для технологических целей – закалочные жидкости, поглотительные, мягчители и прочие [2].

Таблица 1

## Различные виды присадок и их назначение [1]

Тип присадок	Назначение	Применяемые соединения
Диспергирующие	Поддержание в тонкодиспергированном состоянии различных нерастворимых продуктов, образующихся в масле, особенно так называемых низкотемпературных шламов в карбюраторных двигателях и сажи в дизельных двигателях, предотвращение их осаждения на металлических деталях двигателя	Алкенилсукцинимиды различных полиаминов (алкенил обычно полибутенил $M = 800 \dots 1200$ ), полиметакрилаты, содержащие различные полярные группы (сополимеры винилпирролидона и акрилатов; полиметакрилаты, содержащие полиэтиленгликолевые остатки). Высокомолекулярные основания Манниха на основе полибутенфенолов ( $M = 1300 \dots 2000$ г/моль) и полиаминов
Детергентные	Предотвращение образования осадков (лаки, нагары) на горячих деталях двигателя (внутренняя и наружная поверхности поршня, особенно верхние канавки)	Нефтяные и синтетические сульфонаты ( $M$ сульфокислот 430–600 г/моль) Ca, Ba и Mg; алкилфеноляты (обычно содержащие серу или конденсированные с формальдегидом); алкилсалицилаты и алкилфосфонаты. Подавляющее большинство содержит коллоидные дисперсии карбонатов металлов и имеет щелочность в пределах 150–400 мг КОН/г
Ингибиторы окисления	Предотвращение окисления масел, приводящего к образованию кислых соединений, корродирующих цветные металлы подшипников, и увеличению вязкости масла в результате образования нерастворимых смолообразных продуктов	Соединения, содержащие фосфор, серу; пространственно затрудненные алкилфенолы, ароматические амины. Наиболее широко применяют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка и бария
Ингибиторы ржавления (противоржавейные)	Защита от ржавления металлических деталей при транспортировке (особенно приморских перевозках), консервации, работе двигателей на низкотемпературных режимах (особенно в зимнее время)	Сульфонаты Ca, Ba и Mg (особенно высокощелочные сульфонаты магния); C10–C20 – карбоновые кислоты, дикислоты и их соли, оксиэтилированные продукты; продукты окисления парафина и нефтяных масел и их соли; органические фосфаты

Окончание табл. 1

Тип присадок	Назначение	Применяемые соединения
Вязкостные (загущающие, повышающие индекс вязкости)	Увеличение вязкости базового масла, уменьшение изменения вязкости масла при изменении температуры	Полиизобутилены, полиалкилакрилаты и метакрилаты, полиалкилстиролы, сополимеры этилена и пропилена (M = 10...50 тыс.)
Депрессорные (понижающие температуру застывания)	Обеспечение подвижности масла при низких температурах	Алкилированные парафином ароматические и оксиароматические соединения и соли последних; полиалкилакрилаты и метакрилаты
Противоизносные и противозадирные	Уменьшение трения и износа, предотвращение задиров (точечное сваривание), приводящих к быстрому разрушению трущихся поверхностей металла	Органические соединения, содержащие хлор, серу, фосфор, свинец, цинк (хлорпарафины, осерненные ненасыщенные соединения, фосфаты и фосфиты, диалкил- и диарилдитиофосфаты, нафтенаты свинца)
Противопенные	Предотвращение вспенивания масел (особенно содержащих детергентно-диспергирующие присадки), обеспечение стабильной подачи масла к точкам смазывания и снижение интенсивности окисления масла	Полиалкилсиликоны (обычно полиметилсиликоны) и полиметилсилоксаны

В процессе эксплуатации масла загрязняются пылью, волокнами обтирочного материала и частицами отколовшегося от трущихся поверхностей металла, в них проникают мельчайшие частицы кокса и капельки воды. Под действием кислорода воздуха и влаги и при повышении температуры углеводороды, составляющие основу масел, подвергаются различным химическим превращениям (окислению, осмолению, усталости), изменяющим первоначальные качества продукта, в результате чего масла постепенно теряют свои качества, становятся непригодными для дальнейшего использования по своему прямому назначению и подлежат замене.

Усредненный компонентный состав отработанных масел:

- углеводороды 70,0–98,2 %;
- присадки 0,0–12,0 %;
- механические примеси 0,0–1,0 %;
- вода 0,0–2,0 %.

Опасными свойствами ОМ являются токсичность и пожароопасность, что обусловлено их способностью к поддержанию горения, самовоспламенению и самовозгоранию. По токсичности отработанные ОМ относятся к 4-му классу опасности, однако вопросы токсичности нефтепродуктов еще далеко не разработаны. Объясняется это их сложным, комплексным химическим составом и различиями в химических свойствах. Установлено, что наиболее токсичны углеводороды с температурой кипения от 150 до 275 °С. Некоторые фракции нефтепродуктов обладают четко выраженным канцерогенным действием [3].

При выборе технологий их утилизации необходимо учитывать свойства отработанных продуктов. Например, на одном из калийных предприятий Пермского края в год образуется около 480 т отработанных масел. Предприятие реализует принципы бережного отношения к окружающей среде через соблюдение требований природоохранного законодательства, рациональное использование природных ресурсов и постоянное совершенствование природоохранной деятельности. На производственных площадках компании действуют системы экологического менеджмента, соответствующие требованиям стандартов серии ISO 14000. Наличие данного сертификата подтверждает, что производство приведено в соответствие международным экологическим нормам [4].

На калийном предприятии при эксплуатации оборудования образуются следующие виды отработанных масел:

- гидравлические;
- промышленные;
- моторные;
- трансмиссионные;
- трансформаторные отработанные, не содержащие галогены, полихлорированные дифенилы и терфенилы.

Трансформаторные и турбинные масла классифицируются как отработанные и подлежат сбору в качестве отходов только в случае невозможности восстановления их физико-химических свойств в обозначенном подразделении (филиале) предприятия или на специализированном предприятии (в соответствии с заключенным договором).

В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов РФ от 18.07.2014 № 445 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (ред. от 20.02.2016) отходы отработанных моторных, трансмиссионных, гидравлических, трансформаторных

(не содержащих полихлорированные дифенилы и терфенилы), промышленных масел относятся к отходам 3-го класса опасности – умеренно опасным отходам.

Степень вредного воздействия отходов 3-го класса опасности на окружающую среду средняя. При их воздействии на окружающую среду экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения негативного воздействия от существующего источника.

Анализ научно-технической информации показал, что существуют различные методы регенерации и утилизации ОМ, выбор которых зависит от целого ряда факторов: состава отработанных масел, возможности использования вторичного продукта, экономической целесообразности переработки и возможностей предприятия. В табл. 2 приведены основные методы переработки отработанных масел [5–15].

Таблица 2

Сравнительный анализ методов переработки отработанных масел

№ п/п	Наименование методов переработки отработанных масел	Достоинства метода	Недостатки метода
1	Химические методы переработки [5, 6]	Сернокислотная очистка – это самый традиционный и до сих пор применяемый на ряде предприятий нефтяной промышленности метод удаления из масляных дистиллятов асфальто-смолистых веществ, кислородсодержащих и серосодержащих соединений и других нежелательных примесей. При щелочной очистке нефтепродуктов образуются две жидкие фазы – верхний и нижний слои; верхний – кислое масло, состоящее из углеводородов, свободной серной кислоты и сульфосоединений; нижний – кислый гудрон, состоящий из свободной серной кислоты, сульфосоединений и асфальто-смолистых веществ. Все вредные вещества, за исключением органических кислот, удаляются из отработанных масел с кислым гудроном, основная же часть углеводородов масла остается почти без изменения	Сернокислотная очистка не обеспечивает удаление из отработанных масел полициклических аренов и высокотоксичных соединений хлора. Отстой масла после щелочной очистки является обязательной операцией

## Продолжение табл. 2

№ п/п	Наименование методов переработки отработанных масел	Достоинства метода	Недостатки метода
2	Физические методы переработки [7–9]	Сюда входят: отстой, сепарация, фильтрация, отгон горючего, промывка водой. С помощью данного метода удаляют все механические примеси, т.е. пыль, песок, частицы металла, воду, смолистые, асфальтообразные, коксообразные и углистые вещества, а также горючее, не затрагивая при этом химической основы очищаемых масел	Физический метод переработки ОМ не обеспечивает полного восстановления масел при их глубоком старении. Иногда даже при длительном процессе значительное количество примесей остается во взвешенном состоянии, т.е. масло практически не отстаивается
3	Физико-химические методы переработки [8–10]	Ионно-обменная, коагуляция и адсорбция. Преимущество данных методов переработки ОМ заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты)	Данная технологическая операция весьма «капризна», так как зависит от ряда важных факторов: например, температуры реакции, количества реагента, интенсивности перемешивания. Также применение данного метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение. Для максимизации удаления воды и металлов в процессе коагуляции при совместном применении различных индивидуальных компонентов композиции возможно их аддитивное, синергетическое или антагонистическое действие
4	Биологические методы переработки	Данную технологию можно реализовать как на специально оборудованных предприятиях, так и на установках с малым количеством модулей, устанавливаемых в местах сбора нефтепродуктов. Инактивированные микроорганизмы (штаммы) находят применение в качестве удобрений в парках и на цветочных клумбах	Подобная очистка хороша при удалении кислотного балласта, но не в состоянии обеспечить задержку смол

Окончание табл. 2

№ п/п	Наименование методов переработки отработанных масел	Достоинства метода	Недостатки метода
5	Термические методы переработки [11–15]	Высокотемпературный крекинг, низкотемпературный пиролиз – одни из наиболее эффективных перерабатывающих технологических процессов, с помощью которых ОМ удается преобразовать в горючее, сходное по свойствам с соляровым маслом. В результате получается 85 % первоначального сырья	Процесс крекинга протекает медленно, образуются углеводороды с неразветвленной цепью атомов углерода. В бензине термического крекинга содержится много непредельных углеводородов, которые легко окисляются и полимеризуются. В связи с этим горючие жидкости менее устойчивы при хранении. При их сгорании могут засориться различные части двигателя

Экономическая эффективность установок по утилизации ОМ зависит от рыночной цены переработанных масел, которая определяется главным образом ценой на сырую нефть.

Экономически целесообразно перерабатывать ОМ на предприятиях, выпускающих базовые или товарные масла из минерального сырья, с тем чтобы вовлекать их в общее производство и увеличивать выход смазочных масел. В этом случае на продукцию предприятия распространяются все льготы, связанные с переработкой отработанных масел. Кроме того, отходы от процесса переработки ОМ можно использовать в качестве топлива для заводских нужд. В этом случае экономическая эффективность переработки ОМ будет определяться правильно выстроенной логистической цепочкой.

При переработке отработанных масел на месте их образования целесообразно использовать термические методы с утилизацией тепла.

Анализ технологий термической утилизации ОМ показал, что с учетом решения поставленных задач (экологической безопасности, возможности получения продуктов, обладающих эксплуатационными свойствами) наибольшей практической значимостью обладают методы низкотемпературного пиролиза при температуре 450–550 °С.

При низкотемпературном пиролизе протекают процессы десорбции углеводородов с температурой кипения 380–450 °С, а также



деструкции и карбонизации высококипящих углеводородов. В результате образуется пиролизный газ, часть которого при охлаждении способна конденсироваться с образованием жидкой фазы, и пиролизованный остаток, представляющий собой продукт, подобный техническому углероду.

Образующееся жидкое топливо может быть использовано в качестве котельного или печного топлива. Неконденсированные пиролизные газы, обладающие высокой теплотворной способностью и содержащие оксид углерода, газообразные углеводороды  $C_1-C_4$  (метан, этан, пропан и т.п.) после дожигания могут быть использованы для обогрева печи пиролиза, что позволит проводить процесс в автотермическом режиме [5–13].

При термической переработке отработанных масел необходимо их предварительное смешение с твердыми пористыми и маслоемкими отходами – ветошью, волокнистыми материалами, опилками и др.

На рисунке представлена технологическая схема низкотемпературного пиролиза.

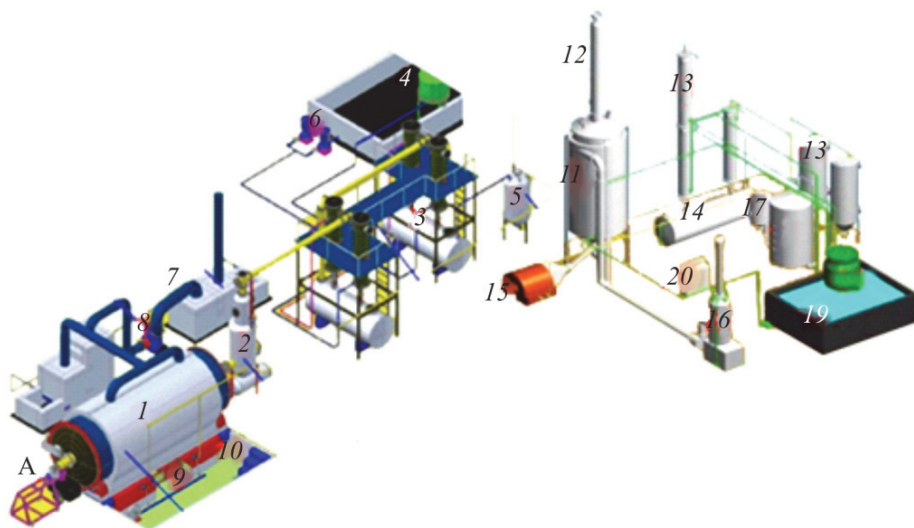


Рис. Технологическая схема процесса пиролиза: 1 – реактор; 2 – газовый сепаратор; 3, 14 – танкер; 4 – система охлаждения; 5, 17 – водозапирающий танкер; 6 – водяной насос; 7, 16 – десульфационная очистительная система; 8 – система вентиляции; 9 – камера сгорания; 10 – газовая горелка; А – автозагрузчик; 11 – вертикальный реактор; 12 – катализационная башня; 13 – вертикальный конденсатор; 15 – камера сгорания; 18 – фильтрационный танкер; 19 – система охлаждения; 20 – контрольная панель

Процесс протекает следующим образом: через дверь горизонтального реактора производится загрузка сырья и осуществляется первоначальный нагрев реактора с использованием твердого или жидкого топлива. При достижении рабочей температуры реактора происходит разложение отходов и образуется пиролизный газ, поступающий в систему охлаждения, где часть его конденсируется, жидкая фаза подается в емкости для жидкой фракции.

Несконденсированный газ из системы охлаждения поступает в горелки сжигания топлива для поддержания необходимой температуры в реакторе. После окончания процесса пиролиза производится автоматическая выгрузка углеродного остатка и охлаждение реактора.

Жидкая фракция насосами подается в вертикальный реактор (ректификационную колонну) для дополнительного разделения и выделения из нее осветленной дизельной фракции. Несконденсированный газ сжигается в горелках, тем самым поддерживается температура реактора. Далее готовая продукция подвергается дополнительной очистке в десульфационном абсорбере и фильтрационной емкости. После завершения процесса дистилляции производится слив тяжелой мазутной фракции из реактора [15].

Низкотемпературный пиролиз с получением жидкой дизельной фракции и твердым остатком в виде технического углерода является одним из лучших на сегодняшний день решений по обращению с отработанными маслами для крупных предприятий, так как позволяет значительно снизить токсическое воздействие на окружающую среду, сократить риски пожароопасности, кроме того, позволяет в дальнейшем использовать продукты пиролиза для технологических нужд предприятия.

Если рассматривать внедрение такой установки с точки зрения экономики, то стоит отметить экономическую выгоду для фирмы, так как прекратятся выплаты за негативное воздействие на окружающую среду отхода такого класса опасности, а именно – за сбор, хранение и утилизацию. Образующееся дизельное топливо может быть вторично использовано на предприятии.

Таким образом, применение метода низкотемпературного пиролиза позволяет максимально полно использовать ресурсный и энергетический потенциал отхода.

### Список литературы

1. Курасов В.С., Вербицкий В.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей: учеб. пособие / КубГАУ. – Краснодар, 2013. – 112 с.
2. Атабеков В.Е., Косяков В.К. Нефть и газ: технологии и продукты переработки. – Ростов н/Д: Феникс, 2014. – 458 с.
3. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справ. издание 1 / под ред. д-ра техн. наук, проф. Б.Б. Бобовича. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 496 с.
4. Охрана окружающей среды: ПАО «Уралкалий» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uralkali.com/ru> (дата обращения: 18.01.2016).
5. Черномуров Ф.М., Ануфриев В.П., Теслюк Л.М. Энерго- и ресурсосбережение в нефтегазово-химическом комплексе: учеб. электрон. текст. изд. / науч. ред. доц., канд. хим. наук И.В. Рукавишников. – Екатеринбург, 2014. – 236 с.
6. Современные методы очистки и регенерации отработанных смазочных масел: препринт / Б.И. Ковальский, Ю.Н. Безбородов, Л.А. Фельдман, А.В. Юдин, О.Н. Петров. – Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2011. – 104 с.
7. Пат. № 2156272 Российская Федерация. Способ утилизации отработанных масел / М.В. Ломоносова, В.К. Французов, Р.И. Эстрин, В.В. Лунин. Заявл. 29.12.1999, опубл. 20.09.2000.
8. Основные направления рационального использования отработанных нефтепродуктов в народном хозяйстве: реферат. сб. / И.В. Брайт [и др.]. – Нефтеснабжение, 1978. – № 1. – С. 15–16.
9. Пат. 2286375 Российская Федерация. Состав для водоизоляции скважин / В.А. Прокопенко, Р.Е. Зонтов, А.А. Шевяхов, А.М. Булдакова [и др.]. № 2005103021/03, заявл. 07.02.2005, опубл. 27.10.2006.
10. Молоканов А.А. Исследование процесса коагуляционной очистки смесей отработанных масел: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И.М. Губкина, 2013. – 150 с.
11. Кожевников В.А. Потенциал использования отработанных масел для нужд теплоснабжения [Электронный ресурс] // Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2008. – № 8. – URL: [http://journal.esco.co.ua/2008\\_8/art038.htm](http://journal.esco.co.ua/2008_8/art038.htm) (дата обращения: 18.01.2016).

12. Захаров С.В., Кожевников В.А. Анализ потенциала использования отработанных масел для нужд теплоснабжения [Электронный документ] // Московский энергетический институт ОАО «ВНИПИ-энергопром». – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskaya-otsenka-vozdeystviya-na-okruzhayuschuyu-sredu-selskohozyaustvennoy-tehniki-v-protseesse-ekspluatatsii> (дата обращения: 18.01.2016).

13. Ходяшев М.Б., Глушанкова И.С., Дьяков М.С. Методологические подходы к разработке технологий термической утилизации твердых нефтесодержащих отходов нефтеперерабатывающих предприятий // Экология и промышленность России. – 2009. – № 11, ноябрь. – С. 40–43.

14. Обоснование выбора ресурсосберегающих технологий утилизации отработанных масел / Я.И. Вайсман, М.С. Дьяков, Н.А. Солдатенко, И.С. Глушанкова // Экология и промышленность России. – 2011. – № 5. – С. 16–19.

15. Официальный сайт компании «Экохолдинг» (Переработка автошин). – URL: <http://www.eco-holding.org> (дата обращения: 18.01.2016).

### References

1. Kurasov V.S., Verbitskii V.V. *Primenenie topliva, smazochnykh materialov i tekhnicheskikh zhidkostei* [The use of fuel, lubricants and technical liquids]. Krasnodar: Kubanskii gosudarstvennyi aerokosmicheskii universitet, 2013. 112 p.

2. Atabekov V.E., Kosiakov V.K. *Neft' i gaz: tekhnologii i produkty pererabotki* [Oil & Gas: Technology & Products]. Rostov-na-Donu: Feniks, 2014. 458 p.

3. Bobovich B.B., Deviatkin V.V. *Pererabotka otkhodov proizvodstva i potrebleniia* [Waste production and consumption]. Moscow: Internet Inzhiniring, 2000. 496 p.

4. Okhrana okruzhaiushchei sredy: PAO “Uralkalii” [Environmental protection: PJSC “Uralkalii”]. 2016, available at: <http://www.uralkali.com/ru> (accessed 18 January 2016).

5. Chernomurov F.M., Anufriev V.P., Tesliuk L.M., Rukavishnikova I.V. *Energo- i resursosberezhenie v neftegazovokhimicheskom komplekse* [Energy and resource saving in the petrochemical complex]. Ed. I.V. Rukavishnikova. Ekaterinburg, 2014. 236 p.

6. Koval'skii B.I. [et al.] *Sovremennye metody ochistki i regeneratsii otrabotannykh smazochnykh masel* [Modern methods of purification and regeneration of used lubricating oils]. Krasnoiarsk: Sibirskii federalnyi universitet, 2011. 104 p.

7. Lomonosova M.V. [et al.] *Sposob utilizatsii otrabotannykh masel* [A method of recycling of waste oils]. *Patent 2156272 Russian Federation*.

8. Brait I.V. [et al.] *Osnovnye napravleniia ratsional'nogo ispol'zovaniia otrabotannykh nefteproduktov v narodnom khoziaistve* [The main directions of rational use of waste oil in the national economy]. *Neftesnabzhenie*, 1978, no. 1, pp. 15-16.

9. Prokopenko V.A. [et al.] *Sostav dlia vodoizoliatsii skvazhin* [Ingredients for waterproofing wells]. *Patent 2286375 Russian Federation*, no. 2005103021/03.

10. Molokanov A.A. *Issledovanie protsessa koaguliatsionnoi ochistki smesei otrabotannykh masel* [Investigation of the coagulation treatment of mixtures of waste oils]. Abstract of the thesis of the Ph.D. of Technical Sciences. Moscow: Rossiiskii gosudarstvennyi universitet nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2013. 150 p.

11. Kozhevnikov V.A. *Potentsial ispol'zovaniia otrabotannykh masel dlia nuzhd teplosnabzheniia* [The potential use of waste oils for the needs of district heating]. *Elektronnyi zhurnal energoservisnoi kompanii "Ekologicheskie sistemy"*, 2008, no. 8, available at: [http://journal.esco.co.ua/2008\\_8/art038.htm](http://journal.esco.co.ua/2008_8/art038.htm) (accessed 18 January 2016).

12. Zakharov S.V., Kozhevnikov V.A. *Analiz potentsiala ispol'zovaniia otrabotannykh masel dlia nuzhd teplosnabzheniia* [Analysis of the potential use of waste oils for the needs of district heating], available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-ekonomicheskaya-otsenka-vozdeystviya-na-okruzhayushchuyu-sredu-selskohozyaystvennoy-tehniki-v-protse-ekspluatatsii> (accessed 18 January 2016).

13. Khodiashev M.B., Glushankova I.S., D'iakov M.S. *Metodologicheskie podkhody k razrabotke tekhnologii termicheskoi utilizatsii tverdykh neftesoderzhashchikh otkhodov neftepererabatyvaiushchikh predpriatii* [Methodological approaches to the development of technologies for thermal utilization of solid oil refining waste enterprises]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2009, no. 11, pp. 40-43.

14. Vaisman Ia.I., D'iakov M.S., Soldatenko N.A., Glushankova I.S. *Obosnovanie vybora resursosbergaiushchikh tekhnologii utilizatsii otrabotannykh masel* [Justification of the choice of resource waste oil technology]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2011, no. 5, pp. 16-19.

15. Ofitsial'nyi sait kompanii "Ekokholding" (Pererabotka avtoshin) [The official site of the company "Holding" (Recycling tires)], available at: <http://www.eco-holding.org> (accessed 18 January 2016).

Получено 02.03.2016

### Сведения об авторах

**Курмаев Рифат Наилевич** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: r.k.1204@rambler.ru).

**Глушанкова Ирина Самуиловна** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: irina\_chem@mail.ru).

**Вайсман Яков Иосифович** (Пермь, Россия) – доктор медицинских наук, профессор, научный руководитель кафедры «Охрана окружающей среды» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: eco@pstu.ru).

### About the authors

**Rifat N. Kurmaev** (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: r.k.1204@rambler.ru).

**Irina S. Glushankova** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: irina\_chem@mail.ru).

**Iakov I. Vaisman** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Medical Sciences, Professor, Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: eco@pstu.ru).